



Jahresbericht

des

Institutes für Elektrische Energietechnik

TU Clausthal

Bericht Nr. 10 (1999)

Dezember 1999

Univ.-Prof. Dr. Beck

Inhaltsverzeichnis

0	Vorwort	1
1	Lehre	3
1.1	Vorlesungen, neue Studiengänge	3
1.2	Übungen, Praktika	6
1.3	Seminarvorträge	7
1.4	Studien- und Diplomarbeiten	7
2	Veröffentlichungen, Dissertationen	11
2.1	Zeitschriften- und Tagungsaufsätze, Patente	11
2.2	Vorträge / Seminare	14
2.3	Technische Notizen	15
2.4	Geförderte Forschungsvorhaben	16
2.5	Veranstaltungen, Exkursionen, Gastaufenthalte	19
3	Forschungsarbeiten + Forschungsgebiete des Institutes	20
3.1	Ausbau der Institutseinrichtungen	20
3.2	Projektblätter	20
4	Personelle Besetzung	62
4.1	Hauptamtliche Mitarbeiter des Instituts (siehe auch Anlage 19a)	62
4.2	Von der Lehrverpflichtung befreite Hochschullehrer	63
4.3	Nebenamtlich tätige Hochschullehrer bzw. Lehrbeauftragte	63
4.4	Wissenschaftliche Hilfskräfte	64
4.5	Mitgliedschaften in den Selbstverwaltungsgremien der Universität	65
5	Anlagen	67

0 Vorwort

Liebe MitarbeiterInnen, Freunde und Förderer des Institutes,

das Jahr 1999 war in mancherlei Hinsicht für unser Institut eine Zeit der Veränderungen. Zum einen ging der zweite fünfjährige Promotionszyklus meiner bisherigen Amtszeit zu Ende, was einher ging mit vier abgeschlossenen Promotionen und dem damit verbundenen Mitarbeiterwechsel. Zum anderen führte meine Wahl zum Prorektor für Forschung und Lehre der TU Clausthal zu einer zusätzlichen Arbeitsbelastung, die in einem "Ein-Professoren-Institut" eine Verlagerung eines Teils der Arbeiten auf promovierte Mitarbeiter verlangt. Da diese glücklicherweise am Institut tätig sind, wurden drei neue Arbeitsgruppen eingerichtet, die nun weitestgehend eigenverantwortlich von Arbeitsgruppenleitern geführt werden. Die Arbeitsgebiete dieser drei Gruppen betreffen neue und bisherige Themenschwerpunkte, die wie folgt festgelegt wurden:

- Elektrische Antriebstechnik
- Elektrische Energietechnik
- Dezentrale elektrische Energiesysteme

Über die Ausgestaltung dieser Forschergruppen wird in diesem Bericht noch Näheres mitgeteilt.

Die erforderlich gewordene Einstellung geeigneter MitarbeiterInnen für vorhandene Drittmittelstellen bereitet jedoch Schwierigkeiten, weil derzeit sehr viele gute Absolventen in die Wirtschaft abwandern, was bei den gezahlten Gehältern auch verständlich ist. Glücklicherweise gibt es hier und da einige wenige geeignete Bewerber, die trotzdem eine Promotion anstreben. Offenbar zählt hier die Aufgabe mehr als die Bezahlung, was natürlich aus meiner Sicht sehr zu begrüßen ist. Ohne diese rühmlichen Ausnahmen wäre ein qualifizierter Lehr- und Forschungsbetrieb kaum aufrecht zu erhalten. Da in Zukunft weitere Drittmittelstellen zu besetzen sind, werden Interessierte weiterhin gebeten, sich zu bewerben.

Die Zukunft läßt deshalb hoffen, weil die Erstsemesterzahlen mit einem Anstieg um 20 % merklich gewachsen sind, so daß diesbezüglich Hochschule und Ingenieur fakultät mit Forschernachwuchs rechnen können. Im neu eingerichteten Studiengang Energiesystemtechnik, an dem unser Institut maßgeblich mitwirkt, sind derzeit rund 80 StudentInnen eingeschrieben,

so daß auch wir in Zukunft an der zögerlich aber stetig wachsenden Studierendenzahl teilhaben werden.

In Vorlesungen wie Energiesysteme, Elektrische Energietechnik und Regenerative elektrische Energietechnik, die nach dem Vordiplom stattfinden, ist dies schon zu merken.

Die recht erfreuliche Institutsentwicklung der letzten Jahre im Forschungsbereich hat sich auch dieses Jahr fortgesetzt. So gibt es neben kleineren Drittmittelprojekten mit der privaten Wirtschaft zwei "Leuchttürme". Zum einen wurde im November der CLAUSTHALER ENERGIEPARK, ein Gemeinschaftsprojekt mit dem Clausthaler Umwelttechnik Instituts-GmbH (CUTEC) , von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) genehmigt und zum anderen ein vom Bundesministerium für Wirtschaft (BMW) gefördertes Projekt zur Leistungsmechatronik. Hier war die Konkurrenz besonders groß. Von 105 Projekten erhielten nur 15 den Zuschlag als Projekte mit Zukunftstechnologien ("ZuTech"). Näheres zu unserem Projekt, das mit dem befreundeten Nachbarinstitut (IMAB) für Maschinelle Anlagentechnik und Betriebsfestigkeit bearbeitet wird, finden Sie ebenfalls in diesem Bericht.

Trotz der anhaltenden "unruhigen See" vor dem Hintergrund der Erfüllung der sog. "formelgebundenen Mittelzuweisung" und dem zeitweise abwesenden "Kapitän" bewegt sich das "IEE-Schiff" nach wie vor auf Kurs, was natürlich nur Dank Ihrer Hilfe gelungen ist. Dafür sei Ihnen am Ende des laufenden Jahrhunderts gedankt und, sofern Sie von Anfang an dabei waren, auch für die inzwischen 10 Jahre währende Treue.

Mit den besten Wünschen für das nächste Jahrtausend
grüßt mit herzlichem Glückauf



1 Lehre

1.1 Vorlesungen

Trotz allgemein geringer StudentInnenzahlen in den höheren Semestern konnten die meisten der angebotenen IEE-Vorlesungen stattfinden. Die folgenden Vorlesungen wurden in diesem Jahr von Mitarbeitern des IEE durchgeführt. Die Zahlen geben jeweils die ungefähre Teilnehmeranzahl an.

Beck	Grundlagen der Elektrotechnik I/II (W 8800 / W8801)	125
Beck	Elektrische Energietechnik (S 8803)	22
Beck	Regelung elektrischer Antriebe (W 8808)	5
Beck	Energieelektronik (S 8811)	6
Beck u.a.	Energiesysteme (W 8804)	30
Heldt	Sonderprobleme Elektrischer Maschinen (W 8805)	6
Wehrmann	Elektrische Energieverteilung (W 8812)	12
Sourkounis	Regenerative Elektrische Energietechnik (W 8818)	12
Mertig	Photovoltaik-Anwendungen (W 8820)	8
Salander	Elektrizitätswirtschaft (S 8819)	8
Baake	Theorie Elektromagnetischer Felder (S8817)	5
Rehkopf	Betriebsführung von Energie- und Verkehrsleitsystemen (S 8823)	6

Insgesamt wurden im Verlauf dieses Jahres 248 Vor- und Hauptdiplomsprüfungen von den prüfungsberechtigten Hochschullehrern bzw. Lehrbeauftragten des Institutes abgenommen. Außer im Fach "Grundlagen der Elektrotechnik I/II", in dem auch Klausuren geschrieben wurden (138 Teilnehmer), fanden alle übrigen Haupt- (110 Teilnehmer) und Nachprüfungen mündlich statt.

Die StudentInnen belegten die angebotenen Fächer des IEE im Rahmen folgender Studiengänge der Fakultäten I,II :

Vor dem Vordiplom :

Grundlagen der Elektrotechnik I/II

In den Studiengängen

Maschinenbau

Verfahrenstechnik

Chemieingenieurwesen

Energiesystemtechnik

Wirtschaftswissenschaften

Werkstoffwissenschaften

Kunststofftechnik

Informatik

Physikalische Technologien

Geotechnik

Nach dem Vordiplom :

Im Rahmen des Fachstudiums werden die Angebote des IEE derzeit in erster Linie folgenden Studiengängen als Pflicht-, Wahlpflicht- und Schwerpunktfach zugeordnet :

Maschinenbau, Studienrichtung Elektrotechnik und Systemautomatisierung

Energiesystemtechnik

Wirtschaftsingenieurwesen, Studienrichtung Rohstoff und Energie

Technomathematik

Zur Qualitätsfeststellung der Lehre an Niedersächsischen Hochschulen fand an der TU im Fachbereich MVC 1999 eine Evaluation der Studiengänge Maschinenbau und Energiesystemtechnik statt.

Das Ergebnis liegt noch nicht vor. Die externen Gutachter haben aber mündlich berichtet und festgestellt, daß das Lehrspektrum an der TUC und insbesondere in der Ingenieur-Fakultät II sich durch die intensive fachübergreifende Lehre von üblichen Strukturen unterscheidet. Sie haben diese transdisziplinäre Ausbildung gelobt. Danach sollte auch der Studiengang Energiesystemtechnik weiter ausgebaut werden. Das genehmigte Projekt "Clausthaler Energiepark" ist hierzu ein erster Schritt (vgl. Projektblatt).

Im Rahmen dieses zumindest in Niedersachsen einmaligen Projektes (Umfang 3.5 Mio DM) soll ein Lehr- und Demonstrationspark für die dezentrale regenerative Energietechnik entstehen. Im Rahmen von Praktika, Studien-, Projekt-, Diplom- und Doktorarbeiten können dann Studierende an im Betrieb befindlichen Kleinkraftwerken, (10-30 kW), die aus Biomasse, Wasserkraft, Sonnenlicht und Wind elektrischen Strom erzeugen, das Betriebsverhalten, die Vor- und Nachteile der Art und Weise der Stromerzeugung und das notwendige Energiemanagement studieren. Ziel ist die autonome und vielleicht sogar autarke Versorgung des Clausthaler Umwelttechnikinstitutes (CUTEC) mit Wärme und elektrischer Energie. Die Energieversorgungsanlage soll in zwei Jahren fertiggestellt sein. Das dritte Jahr ist für den Versuchsbetrieb vorgesehen. Danach soll die Anlage mindestens sieben weitere Jahre betrieben werden. Ein geplanter Sonderforschungsbereich zum selben Thema sieht Forschungsprojekte vor, die den Clausthaler Energiepark wachsen lassen könnten. Die Ergebnisse der Studien und Experimente fließen ein in ein "Handbuch Energiemanagement", das voraussichtlich Mitte des Jahres 2000 als erstes Grundwerk erscheint. Potentielle Autoren werden derzeit vom Unterzeichnenden und den weiteren zwei Herausgebern, die eng mit dem IEE verbunden sind, gesucht. Interessenten mögen sich bitte beim Herausgeber dieses Jahresberichtes informieren.

1.2 Übungen, Praktika

Im Berichtszeitraum wurden folgende Übungen und Praktika durchgeführt. Die Zahlen geben jeweils die ungefähre Teilnehmerzahl an.

Große Übung	zu Grundlagen der Elektrotechnik I/II (Wehrmann)	100
Tutorien	zu Grundlagen der Elektrotechnik I/II (Vollmer und wissenschaftliche Hilfskräfte)	100
Tutorien	zur Prüfungsvorbereitung Vordiplom Elektrotechnik (Vollmer und wissenschaftliche Hilfskräfte)	20
Praktika	zu Grundlagen der Elektrotechnik I/II (Wolf, wissenschaftliche Mitarbeiter und Hilfskräfte)	165
Übung	zu Elektrische Energietechnik (Wolf)	22
Übung	zu Regelung elektrischer Antriebe (Goslar / Turschner)	5
Übung	zu Energieelektronik (Wenske)	2
Übung	zu Elektrische Energieverteilung (Wehrmann)	12
Praktikum	Elektrische Antriebe I für EST (Turschner)	5
Praktikum	Elektrische Antriebe II für EST (Tulbure)	3
Grundpraktikum	im Hauptstudium (Pflichtversuch Elektrische Antriebe) (Turschner)	51
Praktikum	Elektrische Maschinen (Tulbure)	5
Praktikum	Regenerative Elektrische Energietechnik	4

1.3 Seminarvorträge

Robert Bankwitz	Entwicklung der Treiber- und Bediensoftware für einen Batterieversuchsstand; 18.01.99, IEE
Adolf Wilhöft	Energiemanagement in dezentralen Energieversorgungssystemen; 18.01.99, IEE
Friesen, Hajo	Energiewirtschaft auf Offshore-Bohrinseln, SS 99, IEE
Willenborg, Edgar	Einbindung regenerativer Energiequellen in Inselnetze unter Verwendung intelligenter Energiemanagement-Systeme SS 99, IEE

1.4 Studien- und Diplomarbeiten

Studienarbeiten

Assenmacher, Rolf	Entwicklung und Inbetriebnahme von universell einsetzbaren modularen elektronischen Baugruppen zur Meßwertverarbeitung und -aufarbeitung eines Microcontroller-Systems Betreuer : Turschner
Kriese, Oliver	Ermittlung und Analyse verschiedener ausgeführter Hybridvarianten und Darstellung der Komponentenkonstellation und Wirkungsweisen Betreuer : Beck
Jahn, Jörg	Entwurf und Aufbau eines universellen Pulsmustergenerators für U-Umrichter mit programmierbaren Logikbausteinen Betreuer : Wenske

Benkert, Frank	Entwurf und Berechnung der charakteristischen Merkmale einer Elektromotorischen Kupplung für ein Kompaktklassefahrzeug mit Simulation des Betriebsverhaltens im Antriebsstrang Betreuer: Beck
Willenborg, Edgar	Konzipierung und Implementierung eines Energiemanagement-Moduls in ein Simulationsprogramm zur Auslegung von autonomen Energieversorgungssystemen Betreuer : Sourkounis
Neumann, Peter	Identifikation und Modellierung eines Prüfstands zur Vermessung elektrischer Maschinen Betreuer : Sourkounis

Diplomarbeiten

Brandt, Jörg	Beobachterentwurf zur Beobachtung der Zustandsgrößen eines stochastisch deterministisch gestörten Zweimassenschwingers Beteuer : Turschner
Smolenski, Christian	Untersuchung des Betriebsverhaltens eines geschalteten Reluktanzantriebes in Transversalbauweise bei verschiedenen Umrichterschaltungen Betreuer : Tavana-Nejad
Heiner, Holger	Elektronische Einrichtung zur Polradwinkelmessung für einen Synchronmaschinenprüfstand Betreuer : Wenske

Richter, Michael	Stand der Technik netzgekoppelter Photovoltaiksysteme und exemplarische Erprobung im Praktikum Betreuer : Sourkounis
Gärtner, Volker	Entwurf und Realisierung eines IGBT-Pulswechselrichters mit Spannungszwischenkreis und digitaler Steuerelektronik Betreuer : Sourkounis, Wenske
Bankwitz, Robert	Programmierung eines Microcontrollers zur Steuerung eines neuartigen Impulsladegerätes Betreuer : Ropeter
Heckmann, Jens	Analyse der Energieverbrauchsstruktur eines Ferienparks mit dem Ziel der wirtschaftlichen Einbindung eines Blockheizkraftwerkes (BHKW) Betreuer : Wehrmann, Reich (extern)
Marckmann, Ulrich	Entwurf und Realisierung einer Leistungsregelung für eine Windkraftanlage mit "Opti-Slip"-Asynchrongenerator Betreuer : Rösner
Neubert, Clemens	Möglichkeit der gebäudeintegrierten Photovoltaischen Stromerzeugung am CUTEC-Institut Betreuer : Mertig, Siemers (CUTEC)
Kiel, Harald	Berechnungen elektromagnetischer Felder bei Bahnsystemen Betreuerin : Salander
Projektarbeiten	
Thema :	Entwurf und Realisierung des mechanisch-elektrischen Wandlersystems einer Windenergieanlage für Einzelverbraucher

Richter, Florian	Entwurf und Realisierung der Betriebsführung
Nimmo, Mathiew	Konzipierung und Realisierung der Steuer- und Regeleinrichtung
Speil, Torsten	Konzipierung und Realisierung des Leistungsteils des einzusetzenden Umrichters

2 Veröffentlichungen, Dissertationen

2.1 Zeitschriften- und Tagungsaufsätze, Patente

Zeitschriften- und Tagungsaufsätze

Siehe hierzu auch die Anlagen 4-7.

Beck / Thamodhoaran / Wolf	Steady and Pulsed Direct Current Welding with a Single Converter Welding Journal, März 1999
Beck/Sourkounis/Wenske	Electronic Synchronous-Machine for the Power-Conditioning in Distribution-Networks with High Wind-Energy-Share EPQU 1999, Cracow, Poland
Böhm/Wehrmann	Beurteilung von Schäden durch Stromwärme an Gas-Hauseinführungskombinationen mittels Modelluntersuchungen Gwf Gas-Erdgas 140(1999) Nr. 10
Sourkounis/Wenske/Beck	Die Nutzung regenerativer Energiequellen unter dem Aspekt der Energiekonditionierung Erneuerbare Energien, Januar + Juni 1999
Beck	Lebenddauersteigernde Kraftschlussregelung Elektrische Bahnen , Dez. 1999 (zugesagt)
Beck/Sourkounis/Wenske	Statischer Synchronkonverter mit aktiver Dämpfungseinrichtung zur Energiekonditionierung Electrical Engineering, April 1999

- Rösner/Sourkounis/Beck Wind Energy Converter with Asynchronous Machines and
Three-Phase AC Converter in Generator Mode
European Transactions on Electrical Power (ETEP), 05/2000
- Sourkounis/Wenske Regelgrundkonzept für Drehzahlvariablen
- Wenzl/Ropeter/Wehrmann Microcycles in Batteries of Renewable Energy Remote Power
Systems
6th International conference: Batteries for Utility Energy Stor-
age, September 1999, Gelsenkirchen
- Salander/Beck Berechnung und Messung der magnetischen Flußdichte nieder-
frequenter Wirbelströme von Stromrichtern in leitfähigen
Schirmmaterialien
Electrical Engineering, September 1999

Patentanmeldungen

- Engel/Beck Verfahren zur Kraftschlussregelung mit Torsionsschwingungs-
unterdrückung im Antriebsstrang für Triebfahrzeuge mit strom-
richtergespeisten Fahrmotoren.
Patent erteilt am 14.10.99, Nr. 4435775
- Beck/Tavana Verfahren zur Speisung von geschalteten Reluktanz- und
Transversalflußmaschinen mit integrierter Maschinenkommu-
tierung.
Angemeldet am 27.10.99, Nr. 19851 712.2-42
- Thamodharan/Beck Verfahren zur Steuerung eines Lichtbogenschweißgerätes
Patent erteilt 7.05.98, Nr. 19822130

Dissertationen:

Vollmer, Dirk	Ein Beitrag zur prozessbegleitenden Zustandsbeobachtung in regionalen Erdgasverteilungsnetzen 1. Berichter Beck, 2. Berichter Marx
Wenske, Jan	Elektronische Synchronmaschine mit aktivem Dämpferkreis zur Energiekonditionierung in elektrischen Versorgungssystemen 1. Berichter Beck, 2. Berichter Kleinkauf, Uni GHS Kassel
Tavana-Nejad, Pasha M.	Eine neue Stromrichterkonzeption zur Speisung geschalteter Reluktanzmaschinen 1. Berichter Beck, 2. Berichter Canders, Uni Braunschweig
Salander, Corinna	Ein Verfahren zur Berechnung der magnetischen Flussdichte niederfrequenter Wirbelströme von Stromrichtern in leitfähigen Schirmmaterialien 1. Berichter Beck, 2. Berichter Mühlbauer, Uni Hannover 3. Berichter Brandt, Uni Lüneburg

2.2 Vorträge / Seminare

H.-P. Beck Electronic Synchronous-Machine for the Decentralized Power-
Conditioning in Distribution-Networks with High Wind-energy-
share; 01/99, Krakau

Corinna Salander Elektromog durch niederfrequente Magnetfelder;
18.11.99, IMW

Dirk Turschner Simulation von elektrischen Antriebssystemen mit Matlab
09.04.99, Rechenzentrum der TU
VFWH-Antrag AW 129

Parameter Identification with Genetic Algorithms for State
Controlled Rolling-Mill Motors.
15.03. u. 22.10.99, Clausthal

Regelung einer konstant fremderregten Gleichstrommaschine
9.04.99, ITZ

Adaptive Zustandsregelung mit genetischen Algorithmen
Zu VFWH-AW 129, 15.05.99, Frankfurt

Anpassung des PI-Zustandsreglers an stark unterschiedliche
Massenverhältnisse und Lose bei ausgeführten Anlagen
Zu VFWH-AW 129, 20.05. u. 25.11.99, Düsseldorf

Aktive Schwingungsdämpfung in elektrischen Hochleistungsantrieben, zu DFG-Schwerpunktprogramm "Systemintegration elektrischer Antriebe", 6.10.99, München

Selbsteinstellender zustandsgeregelter Asynchronantrieb mit lebensdauererhöhender aktiver Schwingungsdämpfung
Zu FVA-Nr. 351/I+II, 1.12.99, Düsseldorf

Emil Pop, Universität Petro-sani, Rumänien Programing of Applications for the Control of Electrical Drives
22.04.99, IEE

Wolf, Albrecht Organisation und Unterstützung von Lehrveranstaltungen über
das Internet, ITZ, 17.3.99

2.3 Technische Notizen, Berichte

Böhm / Wehrmann Beurteilung von Schäden durch Stromwärme an Gas-Hauseinführungskombinationen mittels Modelluntersuchungen
09/99

Rösner Zwischenbericht und Neuantrag zum Forschungsvorhaben
"Windkraftanlagen mit Asynchrongeneratoren und Drehstromsteller", zum DFG-Vorhaben BE 1496/9-2

Salander Ein Algorithmus zur Berechnung von niederfrequenten Magnetfeldern in der Umgebung von Platten aus leitfähigem Material; 01/99

Salander/Beck Vergleich von Messung und Berechnung niederfrequenter Magnetfelder in der Umgebung von in isolierten Rohren verlegten Kabeln; 03/99

Tulbure/Beck

Untersuchung des Verhaltens der netzgespeisten Asynchronmaschine bei erzwungenen Schwingungen; 02/99

Tulbure

Möglichkeiten zur aktiven Bedämpfung der Torsionsschwingungen in Antriebssystemen mit Doppelkäfigläufer-Asynchronmaschine; 05/99

2.4 Geförderte Forschungsvorhaben

Im Berichtszeitraum wurden folgende geförderten Forschungsvorhaben bearbeitet :

DFG-Vorhaben A 18 des Sonderforschungsbereiches 180, zusammen mit dem Institut für Betriebsfestigkeit und Maschinelle Anlagentechnik der TU Clausthal

”Erhöhung der Verfügbarkeit und des Ausnutzungsgrades von Shredderanlagen (Shredder)”

Status: genehmigt

Bearbeiter: Dr.-Ing. C. Sourkounis

DFG-Vorhaben Nr. Be 1496 / 3-2

”Stromrichterspeisung und Maschinenregelung für neuartige Reluktanzmotoren mit doppelseitiger Polausprägung”

Status: genehmigt

Bearbeiter: Dr.-Ing. P.M. Tavana-Nejad

DFG-Vorhaben

”Windkraftanlagen mit Asynchrongeneratoren und Drehstromsteller”

(Be 1496 / 9-2)

Status: genehmigt

Bearbeiter: Dipl.-Ing. J. Rösner

VFWH-Antrag AW 129

”Adaptive Zustandsregelung mit genetischen Algorithmen für Haspelantriebe”

Status: genehmigt

Bearbeiter : Dipl.-Ing. D. Turschner

Gasversorgung Thüringen (GVT) GmbH

Gasnetzsimulation für das Gasnetz der Gasversorgung Thüringen GmbH (GVT)

Status: genehmigt, Laufzeitende 6/99

Bearbeiter: Dr.-Ing. D.Vollmer

EU-Projekt :

High performance power conditioner for electricity storage : Optimized control of charging and discharging currents in renewable energy systems

(JOR 3-CT-98-0216)

Bearbeiter : Dr. rer.-nat. H. Wenzl

Dr.-Ing E.-A. Wehrmann

Dipl.-Ing. C. Ropeter

Deutsche Bahn-AG :

Berechnung der magnetischen Ersatzflußdichte im Innern von Schienenfahrzeugen am Beispiel des ICE-3

Bearbeiterin : Dipl.-Phys. C. Salander

Status: genehmigt

AiF-Nr. 10 ZN, FVA-Vorhaben-Nr. 351/I

Selbsteinstellender zustandsgeregelter Asynchronantrieb mit lebensdauererhöhender aktiver Scheingungsdämpfung

Bearbeiter: Dr.-Ing. C.Sourkounis,

Dipl.-Ing. D. Turschner,

cand.-ing H. Stichweh,

Prof. Dr.-Ing. H.-P. Beck

Deutsche Bahn AG:

Berechnung der Feldverteilung einer Magnetschwebbahn in einem Tunnel

Bearbeiter : Dipl.-Phys. C.Salander

Dipl.-Math. H. Kiel

Deutsche Bahn AG:

Elektromagnetische Beeinflussung einer Magnetschnellbahn am Beispiel des TRANSRAPID durch die Bündelung der Trassen mit den gleichstrombetriebenen S-Bahnen in Berlin und Hamburg

Bearbeiter : Dipl.-Phys. C.Salander
Dipl.-Math. H. Kiel

Deutsche Bundesstiftung Umwelt

Kooperationsvorhaben "Energiepark Clausthal"

Bearbeiter : Dr.-Ing. J. Wenske
Prof.-Dr.-Ing. H.-P. Beck

Land Niedersachsen

Multimedia in der Lehre

Bearbeiter: Dr.-Ing. J. Wenske
NN

Land Niedersachsen

Planung eines Sonderforschungsbereiches "Energiemanagement, Effizienzsteigerung bei sich ändernden Rahmenbedingungen"

Bearbeiter: Dr.-Ing. J. Wenske,
Dipl.-Ing. A. Wolf

Friedrich Ebert Stiftung

Asynchronmaschine mit rotierendem aktivem Schwingungsdämpfer

Bearbeiter: Dipl.-Ing. A. Tulbure

2.5 Veranstaltungen, Exkursionen, Gastaufenthalte

Exkursionen:

Elektrostahlwerk Peine

Zum Abschluß der Vorlesungen "Geschichte der Energietechnik II" und "Elektrizitätswirtschaft" wurde eine dreitägige Exkursion durchgeführt. Zusätzlich zu einem Vortrags- und Seminarprogramm wurden folgende Besichtigungen durchgeführt

- Kraftwerk "Schwarze Pumpe"
- Lastverteiler Veag Berlin
- Müllverbrennungsanlage Stadtreinigung Berlin
- 380 kV-Kabelverbindung BEWAG
- Kraftwerk Moabit BEWAG
- Sony Center Berlin, Potsdamer Platz

Veranstaltungen:

Clausthaler Tag der Forschung, 18.11.99

Kolloquium "Prozessenergie und betriebliche Energiewirtschaft", 21.+22.01.99 sowie 07.04.99, IEE

Gastaufenthalte:

Prof. Meng, Dekan Elektrotechnik an der TU Lionang, Fuxin, Volksrepublik China

3 Forschungsarbeiten

3.1 Ausbau der Institutseinrichtungen

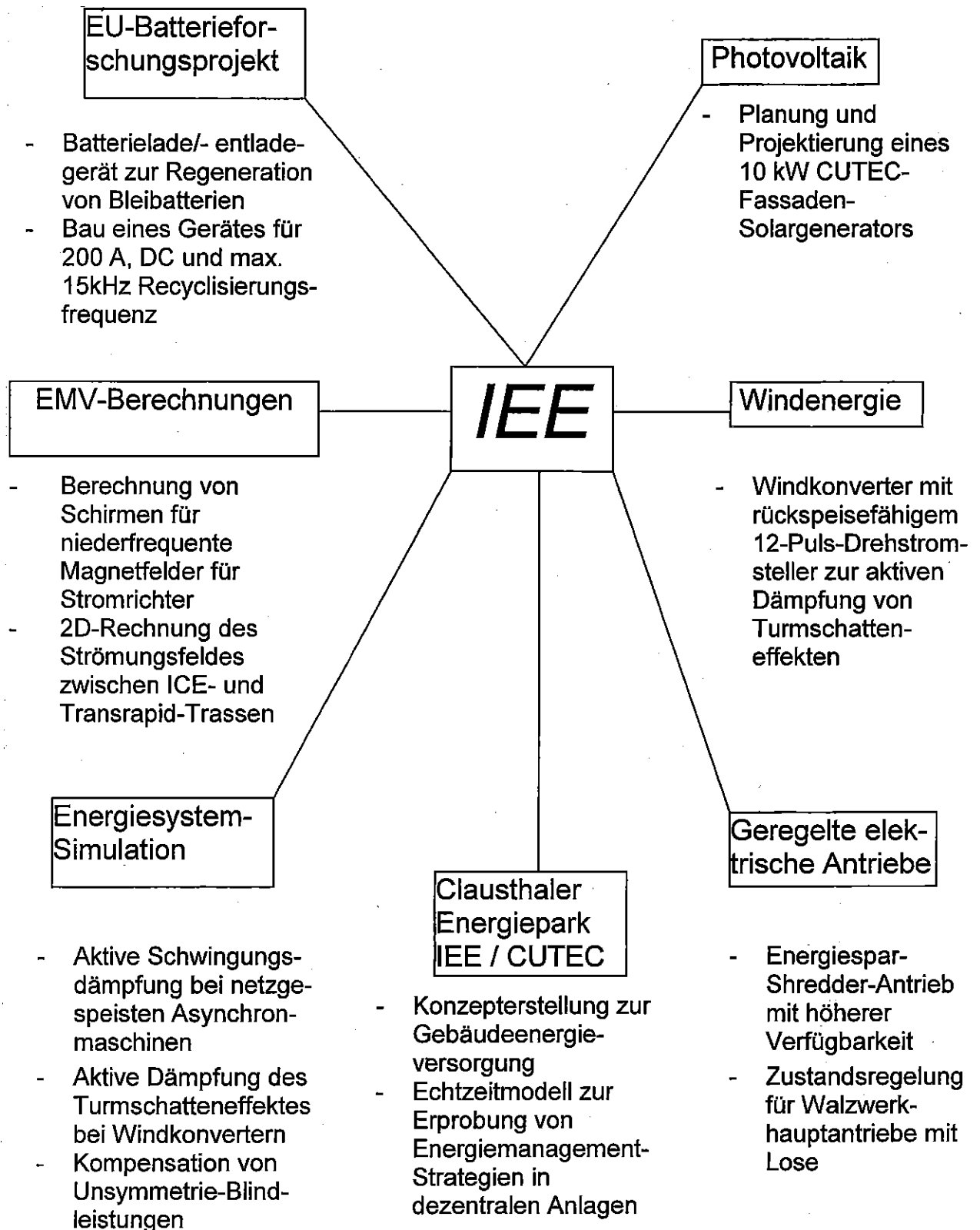
Zur weiteren Komplettierung der Institutseinrichtungen wurden folgende Neuanschaffungen getätigt:

- Fertigstellung des AMOEVES-Prüfstandes für Grundschrwingungs-Vierquadranten-Betrieb mit Visualisierung des Leistungsflusses
- "Power-Analyser" zur Untersuchung der Netzqualität und hochgenauer Wirkungsgradbestimmung
- 6 digitale Tektronik-Oszillografen mit HP-Drucker zur Modernisierung des Praktikums
- Hottinger-Baldwin-Drehmoment-Messwelle mit Verstärker (500 Nm)
- Fertigstellung eines gepulsten rotierenden Widerstandes mit Lichtleiteransteuerung für Asynchronwindgeneratoren
- Fertigstellung zweier 200 A/15 kHz Batterie-Lade- und Entladegerätes mit Batterierecyclierungseinheit, drittes Exemplar im Aufbau
- Anschaffung eines D-Space-Online-Simulations- und Prüfstandes zur Hardware in-the-loop-Softwareentwicklung für Energiemanagement-Anwendungen
- Anschaffung eines Microcontroller/DSP-Rechnersystems mit Entwicklungsumgebung

3.2 Projektblätter

Die folgende Übersicht und die sich anschließenden neuen bzw. aktualisierten Kurzbeschreibungen der von den wissenschaftlichen Mitarbeitern durchgeführten Forschungstätigkeiten geben Auskunft über den derzeitigen Stand der laufenden Projekte des Institutes.

Forschungsgebiete des Instituts

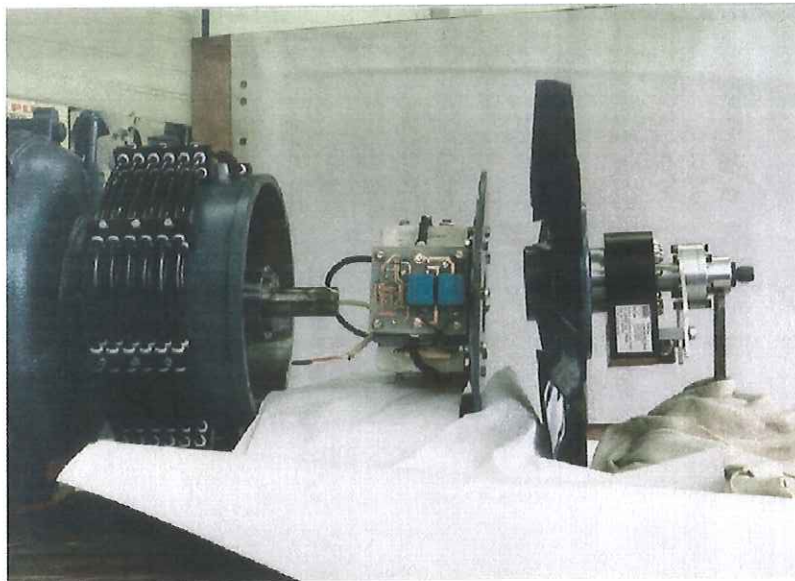


Arbeitsgruppe: Elektrische Antriebstechnik

Leiter: Dr.-Ing. Constantinos Sourkounis
Tel.: +49-5323-72-2594
E-Mail: sourkoun@iee.tu-clausthal.de

Forschungsschwerpunkte und Projekte:

- **Erhöhung der Verfügbarkeit und des Ausnutzungsgrades von Schredder-Anlagen**



Dynamische Kennlinienanpassung von Asynchronmaschinen (ASM) mittels eines rotierenden leistungselektronischen Stellgliedes

- ▶ Drehzahlelastische Antriebe zur Lastkollektivminimierung im elektromechanischen Antriebsstrang
- ▶ Anpassung der Antriebsstruktur zur Reduzierung der erforderlichen Leistungsreserven sowie des technischen Aufwandes beim leistungselektronischen Stellglied
- **Antriebsregler mit aktiver Schwingungsbedämpfung**
 - ▶ Identifikation mit genetischen Algorithmen
 - ▶ PI-Zustandsregler mit Selbsteinstellung
- **Netzgespeiste ASM mit variabler Käfigstruktur**
 - ▶ verlustarme dynamische Kennlinienverstellung
 - ▶ wellenmomentabhängige Steuerung des Schlupfes
 - ▶ im Läufer baulich integrierter Halbleitersteller
- **Lebensdaueroptimierte Regelung elektrischer Antriebe**
 - ▶ Umrichter mit Antriebsstrang-Adaption
 - ▶ kostengünstige Realisierung für KMU

Stand der Technik: – Antrieb mit direkt am Netz betriebener Asynchronmaschine und hydrodynamischer Kupplung als Überlastsicherung.

Problem:

- Anregung von Torsionsschwingungen im Antriebsstrang beim Hochlaufvorgang und durch den Shredderprozeß.
- Fortpflanzung der Lastspitzen durch den Antriebsstrang bis zum speisenden elektrischen Netz.
- Die Antriebsstrangstruktur mit zwei schlupfbehafteten Komponenten führt zu hohen Verlusten bei externer Belastung.
- Änderungen der Anlagenparameter, wie z.B. Hammerform oder Luftspalt zwischen Hammer und Gehäuse beeinträchtigen die Effektivität des Shredderprozesses und führen i.a. zur Verminderung des Durchsatzes (geringerer Ausnutzungsgrad).

Ziel:

- Durch Ausnutzung der kinetischen Energie in den rotierenden Massen sollen mit geeigneten Regelkonzepten Lastspitzen im Antriebsstrang sowie im speisenden Netz vermindert werden; "drehzahlelastischer Betrieb" /3/.
- Die zur Lastkollektivminimierung erforderlichen Leistungsreserven sollen durch Anpassung der Antriebssystemstruktur reduziert werden.
- Durch Regelkonzepte mit nichtlinearen Reglerstrukturen soll eine weitere Verbesserung des Ausnutzungsgrades erreicht werden. Hierbei steht die Reduzierung des technischen Aufwandes beim leistungselektronischen Stellglied (z. B. Umrichter) im Vordergrund.
- Die ungünstigen Einflüsse der zeitvarianten Anlagenparameter und Schrottart auf dem Shredder-Prozeß sollen durch automatische Nachführung der Regler- und Betriebsparameter (z. B. Drehzahl) kompensiert werden.

Ergebnisse '99: – Erprobung des Lasteingangsfunktions-Rechners (LEF-Rechner) zur Gewinnung der realen LEF aus dem an großtechnischen Anlagen

Projekt: Erhöhung der Verfügbarkeit und des Ausnutzungsgrades von Shredder-Anlagen; Sonderforschungsbereich 180/A18

Gruppe: Elektrische Antriebstechnik

gemessenen Wellenmomentverlauf (s. Bericht '97).

- Entwicklung eines weiteren Antriebskonzeptes (vgl. Bericht '95), welches auf der dynamische Anpassung der Drehmoment-Drehzahl-Kennlinie vom Asynchronmotor (DynAK) basiert
- Konzipierung und Realisierung der leistungselektronischen Einrichtung zur Steuerung der rotierenden zusätzlichen Läuferwiderstände (Abb 1).
- Erprobung des Antriebskonzeptes DynAK und Durchführung vergleichender Untersuchungen unter verschiedenen Regelkonzepten am Shredder-Prüfstand des IEE.
- Übertragung des Antriebskonzeptes DynAK an den Modell-Shredder (TU Freiberg) und Durchführung von Betriebsmessungen bei verschiedenen Shrottdurchsätze.

Dokumentation:

- /1/ Beck, H.P.; Sourkounis, C. und Wenske, J.
Torsionsschwingungen in Antriebssträngen mit hydrodynamischer Kuppelung
Antriebstechnik Heft 5/95
- /2/ Sourkounis, C.; Beck, H.P.
Shredder- Energiesparende, Lastminimierte Shredder-Antriebe
Kolloquium des DFG-Sonderforschungsbereichs 180, Clausthal, 1996
- /3/ Sourkounis, C.; Beck, H.-P.; Zenner, H.; Peter, F.
Drehzahlelastische Antriebe zur Lastminimierung bei Shredder-Anlagen
VDI-Schwingungstagung, Veitshöchheim, 1996
- /4/ Beck, H.-P.; Peter, F.; Kirchner J.; Schubert, G.; Sourkounis, C.; Zenner, H.
Erhöhung der Verfügbarkeit und des Ausnutzungsgrades von Shredder-Anlagen
Arbeitsbericht 1994-1996; Teilprojekt A18/YE2

Sonderforschungsbereich 180, Clausthal 1996

- /5/ Beck, H.-P.; Peter, F.; Sourkounis, C.; Zenner, H.
Shredder-Belastungsmessungen und lastminimierte, energiesparende
Shredderantriebe
ACHEMA '97
9-14 Juli 97, Frankfurt
- /6/ Beck, H.-P.; Peter, F.; Sourkounis, C.; Zenner, H.
Zusammenhang von Zerkleinerungsprozeß und Beanspruchungen im
Antriebsstrang am Beispiel eines Shredders
zum XLVIII. Berg- und Hüttenmännischen Tag '97, Freiberg
Freiberger Forschungshefte A 840 '97

Projektleiter für IEE: Dr.-Ing. C. Sourkounis

(Tel.: 05323/72-2594)

(Projekt ist ein Gemeinschaftsforschungsvorhaben mit dem Institut für Maschinelle Anlagentechnik und Betriebsfestigkeit)

Datum: 06.12.98

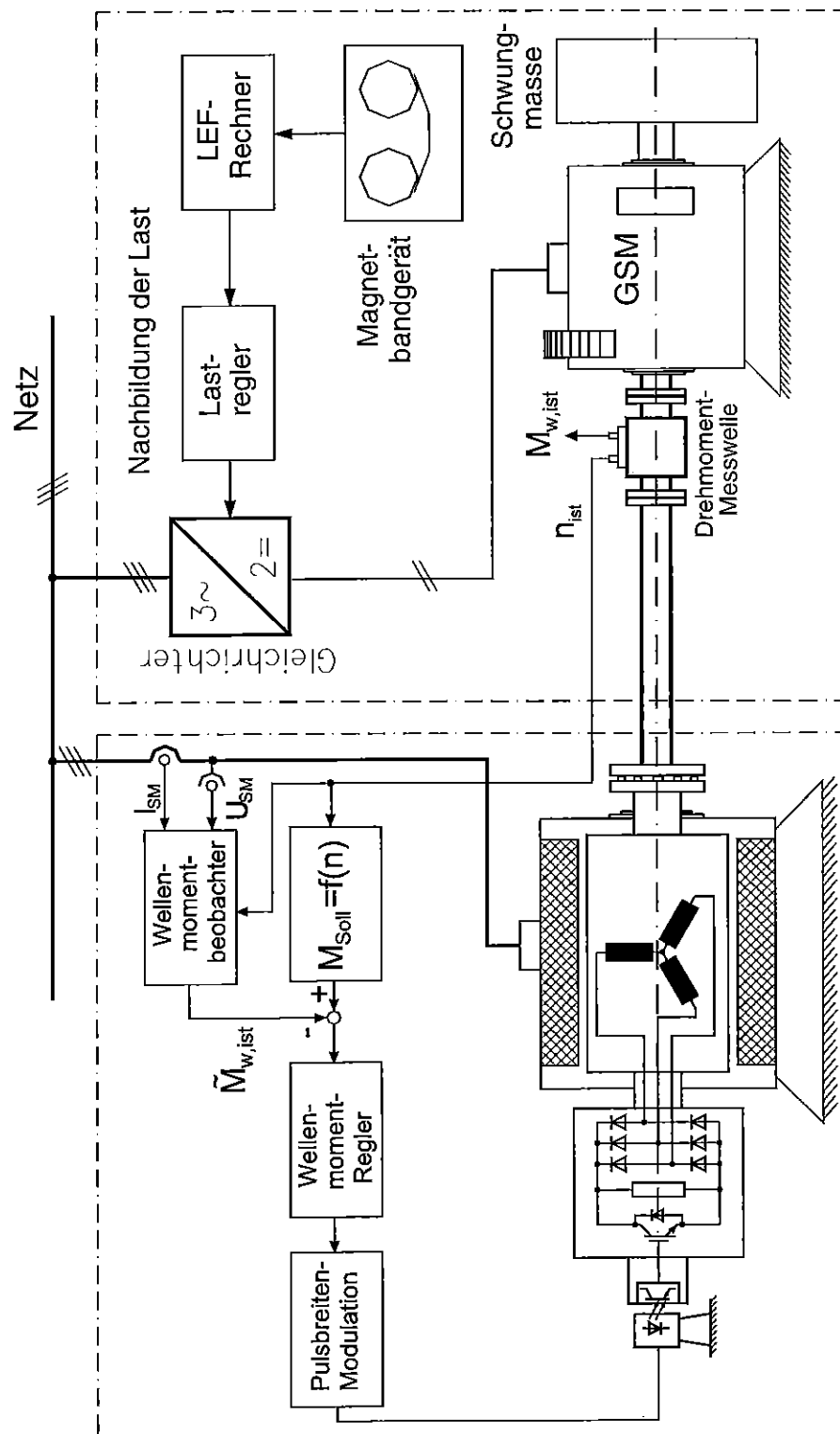


Abb. 1: Prüfstandaufbau zur Erprobung des DynAK Antriebssystems

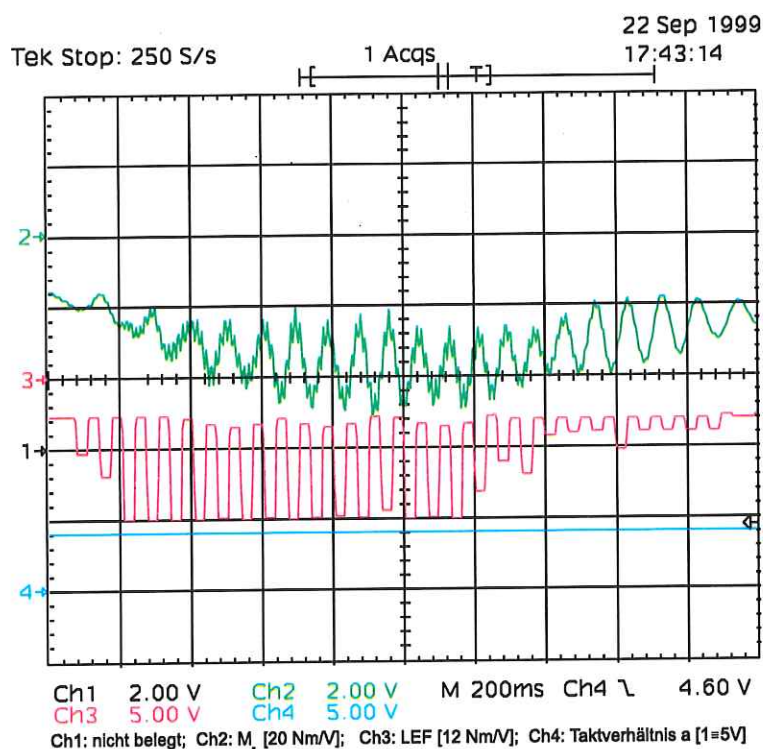


Abb. 2a: Wellenmomentverlauf (ch2) bei Asynchronmotor mit Kurzschuß-Läufer; Verlauf der Lasteingangsfunktion (ch3)

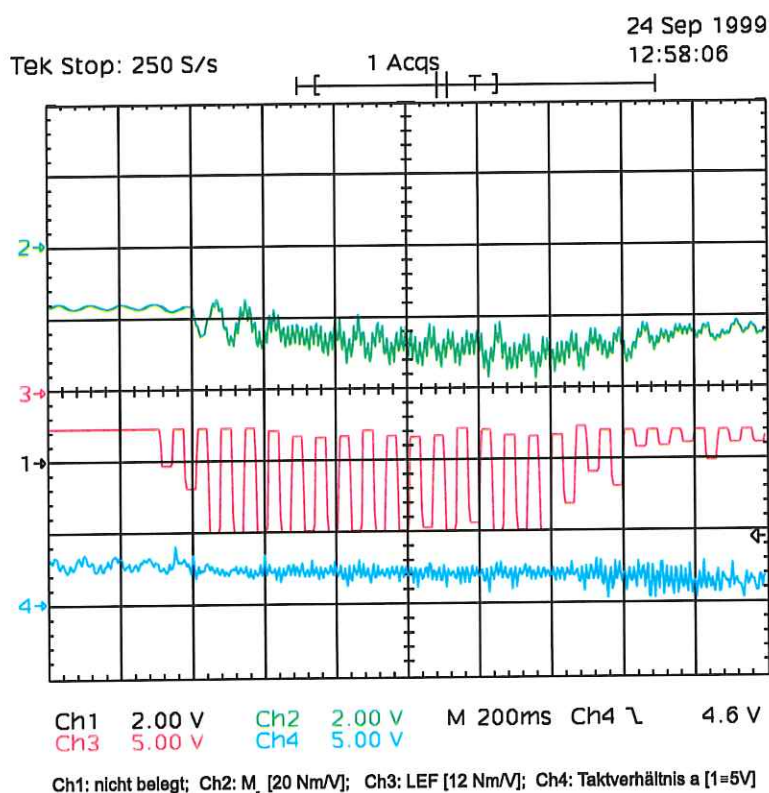


Abb. 2b: Wellenmomentverlauf beim Antriebssystem DynAK

Problem:

Zur Inbetriebnahme eines PI-Zustandsreglers für elektrische Antriebe mit schwingungsfähiger Mechanik liegen analytische Einstellformeln für die Berechnung des Rückführvektors vor, die nach der Methode der Analytischen Gezielten Eigenwertvorgabe ermittelt wurden. Für die Inbetriebnahme stehen dem Anwender noch zwei zusätzliche Parameter, ein Dynamikparameter und ein Parameter für die Dämpfung der ersten mechanischen Eigenfrequenz, zur Verfügung.

Ziel:

Ziel des Vorhabens ist es, den PI-Zustandsregler über seinen Dynamik- und Dämpfungsparameter ideal an einen großen Bereich des Massenverhältnisses (Lastmasse/Antriebsmasse) und an eine vorhandene Lose anzupassen. Es soll ein kausaler Zusammenhang zwischen den Streckenparametern und den Dynamikparametern gefunden werden. Für eine Prüfstandskonfiguration bzw. für ein großes Massenverhältnis sollen die gefundenen Ergebnisse am Prüfstand verifiziert werden.

Arbeitsschritte:

- Parameterstudie über Massenverhältnis und Lose ausgeführter Anlagen.
- Wahl eines Kriteriums zur Bewertung der Reglergüte.
- Simulation eines PI-zustandsgeregelten Antriebs mit variablen Massenverhältnis, mit und ohne Lose für unterschiedlichen Dynamik- und Dämpfungsparameter.
- Realisierung einer Prüfstandskonfiguration mit großem Massenverhältnis (Lastmasse/Antriebsmasse = 10...15)
- Verifikation der Prüfstandsergebnisse am Prüfstand.

Stand der Untersuchung: Simulationsergebnisse liegen vor; die Prüfstandserprobung ist in Vorbereitung.

Dokumentation:

- Beck, H.-P.; Turschner, D.: *Online-Parameteridentifikation mit genetischen Algorithmen für Walzantriebe mit Zustandsregler*, Schlußbericht Forschungsvorhaben VFWH-AW 127, Mai 1999
- Beck, H.-P.; Turschner, D.: *Identifizierung einer Nichtlinearität bei Mehrmassenschwingern mit Hilfe von Genetischen Algorithmen*, Neuantrag auf Begutachtung beim VFWH, Oktober 1999
- Beck, H.-P.; Turschner, D.: *Anpassung des PI-Zustandsreglers an stark unterschiedliche Massenverhältnisse und Lose bei ausgeführten Anlagen*, Schlußbericht Forschungsvorhaben VFWH-AW 129, in Vorbereitung

Vorträge:

- 15. März 1999: *Parameter identification with genetic algorithms for state controlled rolling-mill motors*. Projektvorstellung vor internationalen Interessenten, Clausthal
- 9. April 1999: *Regelung einer konstant fremderregten Gleichstrommaschine*, Anwendungsbeispiel aus der Übung "Regelung elektrischer Antriebe", Vortrag im Rahmen einer ITZ-Veranstaltung zum Thema Simulationssoftware in der Lehre, ITZ Clausthal
- 5. Mai 1999: *Adaptive Zustandsregelung mit genetischen Algorithmen*, Betreuerkreissitzung zum Projekt VFWH-AW 129, Frankfurt.
- 20. Mai 1999: *Anpassung des PI-Zustandsreglers an stark unterschiedliche Massenverhältnisse und Lose bei ausgeführten Anlagen*, Bericht über das Projekt VFWH-AW 129, Düsseldorf.
- 6. Oktober 1999: *Aktive Schwingungsdämpfung in elektrischen Hochleistungsantrieben*, Abschlußkolloquium des

Projekt: Anpassung des PI-Zustandsreglers an stark unterschiedliche Massenverhältnisse und Lose
Gruppe: Elektrische Antriebstechnik

DFG-Schwerpunktprogramms "Systemintegration elektrischer Antriebe", München

- 22. Oktober 1999: *Parameter identification with genetic algorithms for state controlled rolling-mill motors*. Projektvorstellung vor internationalen Interessenten, Clausthal
- 25. November 1999: *Anpassung des PI-Zustandsreglers an stark unterschiedliche Massenverhältnisse und Lose bei ausgeführten Anlagen*, Bericht über das Projekt VFWH-AW 129, Düsseldorf.
- 1. Dezember 1999: *Selbsteinstellender zustands geregelter Asynchronantrieb mit lebensdauererhöhender aktiver Schwingungsdämpfung*, Bericht über das FVA-Vorhaben Nr. 351/I+II "Lebensdauererhöhung", Sitzung des Arbeitskreises "Geregelte Elektroantriebe", Frankfurt/Main

Bearbeiter:

Dipl.-Ing. Dirk Turschner (Tel: 72-2592)

**Entwurfsparameter
der Regelung T_R und f_R :**

Gewählter Bereich:

$0 < T_R \leq 0,1s ; 0 \leq f_R \leq 1$

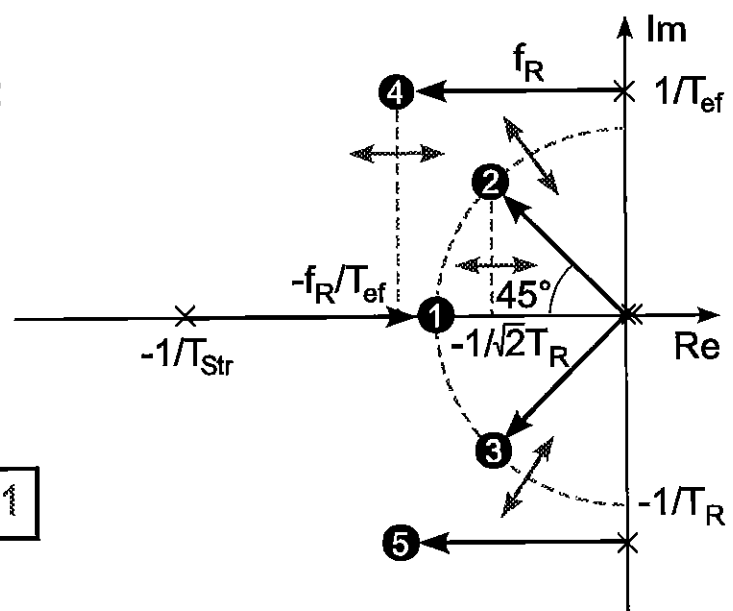


Bild 1: Freiheitsgrade des PI-Zustandsreglers

Projekt: Anpassung des PI-Zustandsreglers an stark unterschiedliche Massenverhältnisse und Lose
Gruppe: Elektrische Antriebstechnik

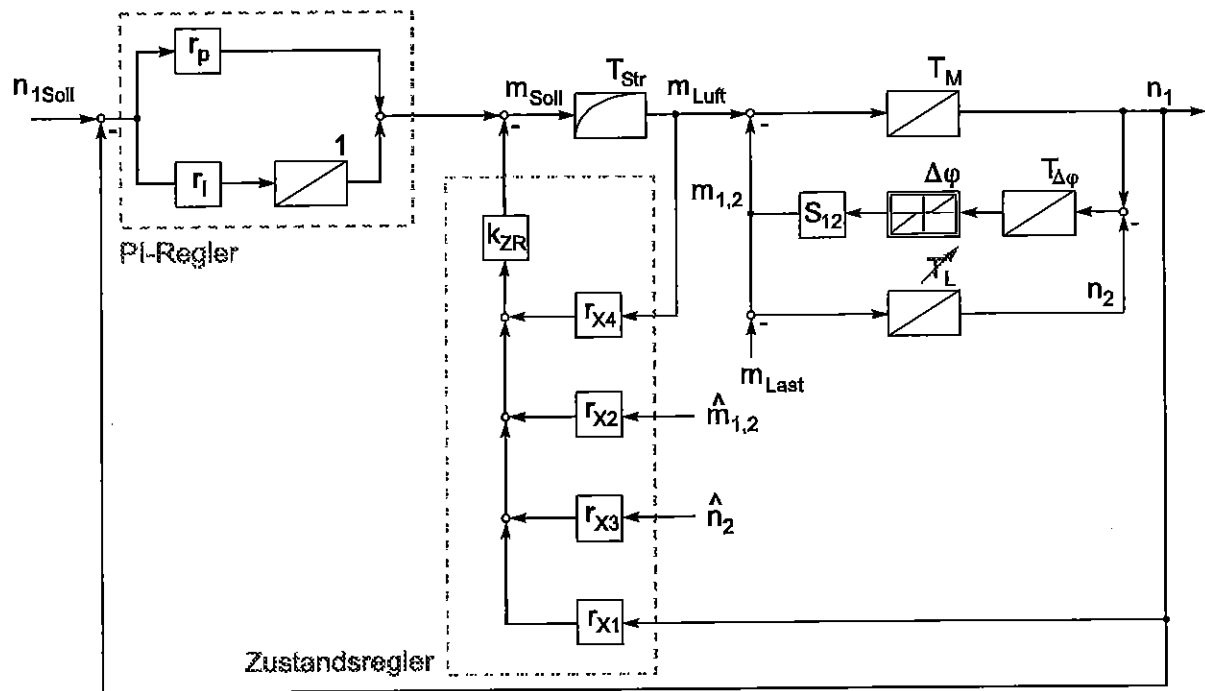


Bild 2: PI-Zustandsregelung einer Haspelanlage mit Lose für unterschiedliche Lastzeitkonstante

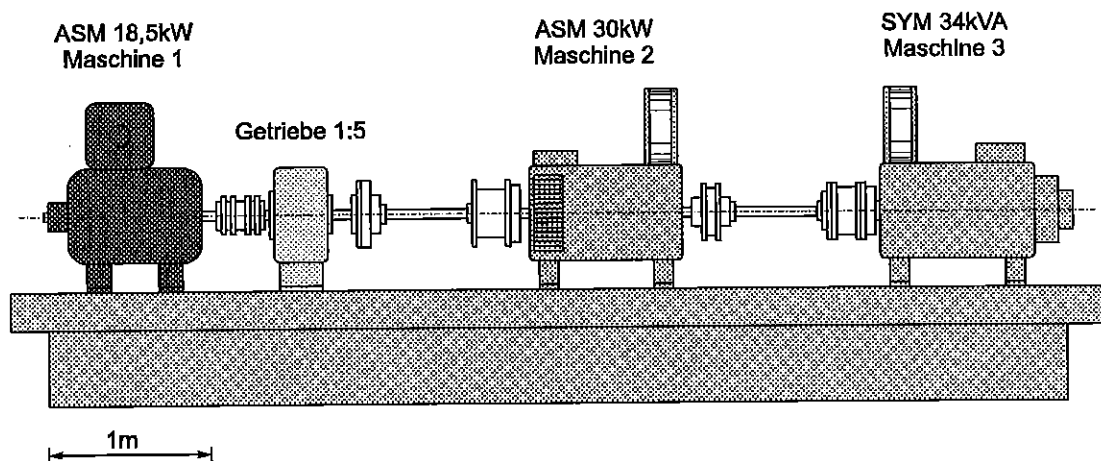


Bild 3: Strukturbild des Prüfstandes

Projekt: Anpassung des PI-Zustandsreglers an stark unterschiedliche Massenverhältnisse und Lose
Gruppe: Elektrische Antriebstechnik

- Problem:** Die selbsterregten Torsionsschwingungen in elektrischen Antrieben verursachen große Beanspruchungen in den elektromechanischen Komponente. Durch die Reduzierung dieser Beanspruchungen kann die Lebensdauer und die Verfügbarkeit von Maschinenanlagen verlängert werden.
- Ziel:** Entwicklung einer Strategie zur aktiven Bedämpfung der lastbedingten Torsionsschwingungen im Antriebsstrang eines Zwei-Massen-Systems mit ASMDK. Das neue Konzept soll am Prüfstand erprobt werden.
- Lösungsweg:**
- Entwicklung eines Programms zur Simulation eines Antriebssystems mit ASM mit Doppelkäfigläufer (ASMDK)
 - Untersuchung verschiedener Pulsmuster zur Hin- und Herschaltung zwischen den Käfigen
 - Aufrüstung einer ASMDK mit dem im Läufer integrierten Halbleitersteller
- Prüfstand:** Zwei-Massen-Schwinger bestehend aus einer ASMDK, die über eine elastische Welle mit der Arbeitsmaschine verbunden ist. Die Nachbildung der Lasteingangsfunktion LEF erfolgt über den stromrichter- gespeisten (MINISEMI D) Gleichstrommotor. Ein Funktionsgenerator liefert die Stellgröße für den lastseitigen Umkehrstromrichter.
- Stand der Untersuchungen:**
- Das Betriebsverhalten der ASMDK bei sinusförmigen erzwungenen Schwingungen wurde untersucht.
 - Ein Programm in NETASIM-Sprache zur Untersuchung der Wirkungsweise verschiedener Pulsmuster zur Hin- und Herschaltung zwischen den Käfigen der ASMDK (Bild 1 bis 3) wurde entwickelt.
 - Die im Läufer integrierte Elektronik ist in der Aufbauphase
- Dokumentation:**
- Technische Notiz des IEE (Verfasser: A. Tulbure): "Möglichkeit zur aktiven Bedämpfung der Torsionsschwingungen im Antriebssystemen mit ASMDK" (18.05.1999)
 - genehmigter Antrag für das Promotionsstipendium der Konrad-Adenauer-Stiftung.

Bearbeiter: Dipl.-Ing. Adrian Tulbure (72-3821)

Datum: 05.12.1999

Projekt: Asynchronmaschine mit elektrisch variabler Käfigstruktur
Gruppe: Elektrische Atriebstechnik

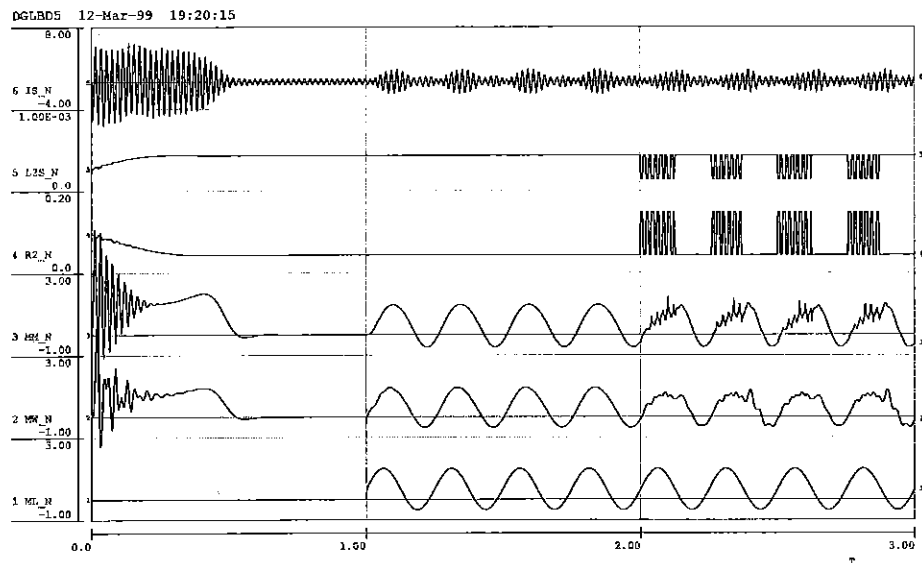


Bild 1. Simulierte Zeitverläufe des Lastmoments ML_N , Wellenmoments MW_N , Motormoments MM_N , der Läuferparameter $R2_N$ und $L2S_N$ und des Phasenstromes IS_N . Simulationsergebnisse für das Antriebssystem mit 10-kW-ASDKM und LEF-Parameter: Anregungsfrequenz $f_A=4\text{Hz}$ Grundbelastung $M_{L0}=50\%MN$ und Amplitude $M_L=100\%MN$ Grund-Schaltfrequenz $f_s=4\text{Hz}$ und Pulsfrequenz zwischen Betriebs/Anlaufkäfig $f_s=50\text{Hz}$;

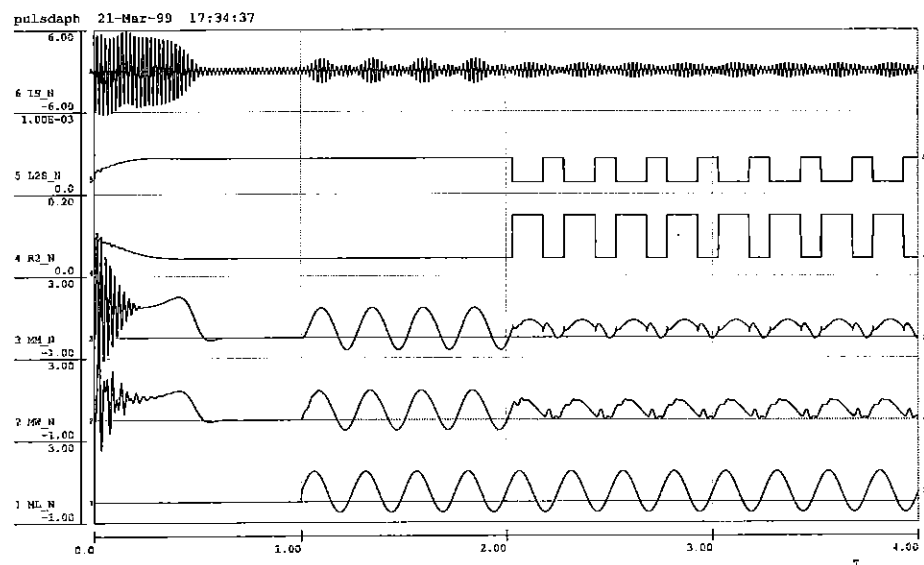


Bild 2. Simulierte Zeitverläufe des Lastmoments ML_N , Wellenmoments MW_N , Motormoments MM_N , der Läuferparameter $R2_N$ und $L2S_N$ und des Phasenstromes IS_N . Simulationsergebnisse für das Antriebssystem mit 10-kW-ASDKM und LEF-Parameter: Frequenz $f_A=4\text{Hz}$, Grundbelastung $M_{L0}=50\%MN$ und Amplitude $M_L=100\%MN$. Schaltfrequenz $f_s=4\text{Hz}$, Schaltdauer $\delta=3/5TS$ und Verzögerung $\tau=30\text{ms}$.

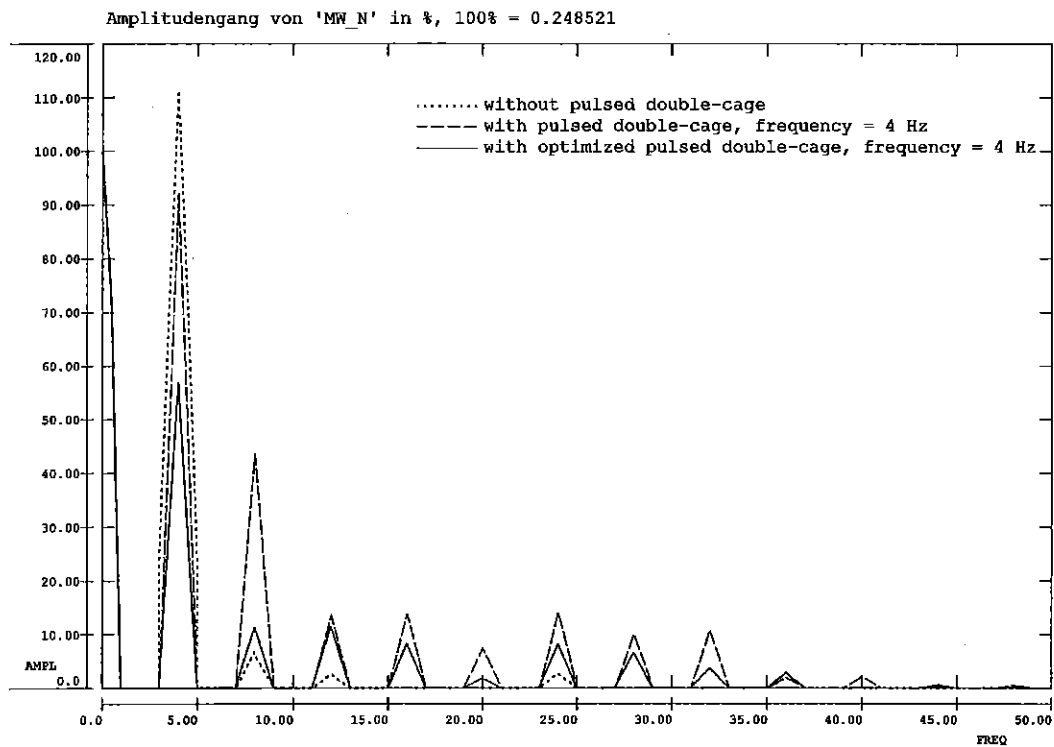


Bild 3: FFT-Analyse des Wellenmoments im Antriebsstrang eines Zwei-Massen-Schwingers mit ASMDK. Simulationsergebnisse vor und nach dem Einsatz neuer Strategie zur aktiven Schwingungsbedämpfung.

-
- Problem:** Vergleich der Simulationssystem von DRESP und NETASIM.
- Lösungsweg:**
- Darstellung des Asynchronmaschinenmodells in DRESP.
 - Überprüfung des Maschinenmodells in DRESP –
Vergleich: Hochlauf der Asynchronmaschine in DRESP und NETASIM.
 - Untersuchung des Zweimassenschwingers mittels DRESP.
 - Messungen und Vergleich mit den Simulationsergebnissen in DRESP.
 - Hochlaufzeit als Funktion von der Spannung.
 - Motormoment, Drehzahl-Kennlinie.
- Ergebnisse:**
- Mit dem gewählten Dämpfungsgradwert schwingt der gesamte System mit einer Eigenfrequenz, die Vergleich zur Messung übereinstimmt.
 - Die Motormoment, Drehzahl – Kennlinie einer 30 kW-ASM ohne Last im DRESP Vergleich zum NETASIM übereinstimmen.
 - Das dynamische Kippmoment ist kleiner als das stationäre, weil sich das Feld noch nicht vollständig aufgebaut hat.
- Bearbeiter:** Dipl.-Ing. Tambwe Benoît Musasa (Tel: 72-2939)

Datum: 6.12.1999

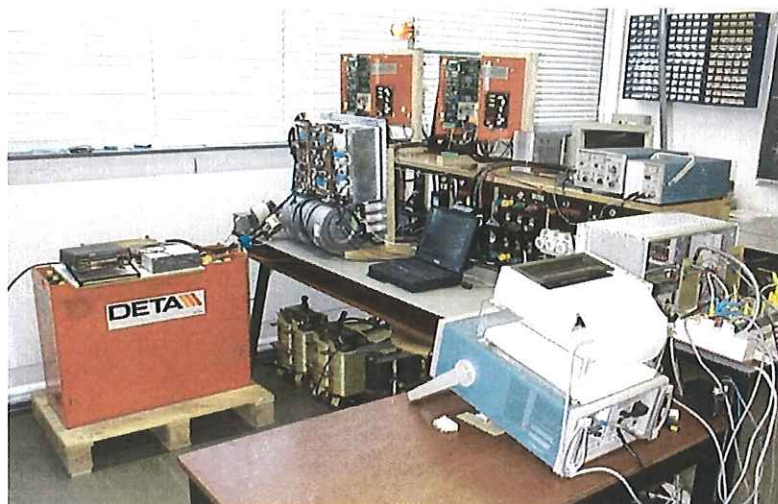
Titel: Vergleichende Untersuchungen bezüglich des stationären Verhaltens einer Asynchronmaschine mit Hilfe der Simulation.

Arbeitsgruppe Elektrische Energietechnik

Leiter: Dr.-Ing. Ernst-August Wehrmann
Tel.: +49-5323-72-2595
E-Mail: wehrmann@iee.tu-clausthal.de

Forschungsschwerpunkte und Projekte:

- **Echtzeit-Gasnetzsimulation**
 - ▶ Gasversorgung im liberalisierten Markt durch Netzführung und Bezugsoptimierung
 - ▶ Online-Ermittlung nicht gemessener Ausspeisemengen mittels Zustandsbeobachter
- **Berechnung niederfrequenter Magnetfelder**
 - ▶ Berechnung der Magnetfelder von leistungselektronischen Anlagen im Bereich von 0 bis 30 kHz
 - ▶ Anwendung der Stromfadentheorie und Modellierung der Schirmung durch ergänzende Leiterschleifen.
- **Lebensdauerverlängerung von Bleibatterien**
 - ▶ Erhöhung der Lebensdauer von Batterien in regenerativen elektrischen Energieanlagen durch „Konditionierung“ des Energieflusses beim Laden und Entladen.
 - ▶ Mittels speziell entwickeltem „Batteriestromrichter“ werden die Einflüsse von Stromimpulsen bis ± 200 A und 15 kHz in verschiedenen Betriebszuständen auf die Batterie-Lebensdauer und Kapazität untersucht.



Batterie-Prüfstand mit hochdynamischer Stromversorgung (Rechteckimpulse bis ± 200 A und 15 kHz)

Europäisches Forschungsprojekt:
Projektleiter:

JOR3-CT98-0216
Dr. rer. nat. Heinz Wenzl

- Thema: Hochleistungs-Energiekonditionierer zur Reduzierung der Kosten für Energiespeicher
Dreijähriges Forschungsvorhaben zur Optimierung der Lade- und Entladebedingungen von Batterien mit erneuerbaren Energiequellen
- Projektträger: Europäische Union, Vertragsnummer JOR3CT98-0216
- Projektpartner: Fraunhofer Institut für Solare Energieforschung, Freiburg
Rutherford Appleton Laboratory, England
AMSET Centre Ltd., England
Trama Techno Ambiental, Spanien
Bread Industries Elite, Griechenland
Vergnet SA, Frankreich
- Ziel: Entwicklung eines Ladesystems für Batterien, das ihre Lebensdauer verlängern und die Lebensdauerkosten deutlich verringern soll. Der Schwerpunkt der Arbeiten betrifft die Verbesserung der Lade- und Entladebedingungen durch passive Filter, Veränderung der Lade- und Entladeströme und Ladestrategien.
- Projektstand: Eine ausführliche Beschreibung des Projekts und des vorgeschlagenen Lösungsweges ist im Jahresbericht 1998 enthalten.

Die Optimierung der Lade- und Entladebedingungen von Batterien ist nur dann möglich, wenn die genauen Anforderungen der Anwendung bekannt sind. Deshalb wurde als erster Arbeitsschritt des Projektes eine Klassifizierung der verschiedenen Energiesysteme mit erneuerbaren Quellen durchgeführt.

In diesem Zusammenhang wurden auch Wechselstromanteile des Batteriestroms bis zu ca. 1 kHz gemessen und analysiert. Ein erstes Ergebnis der Arbeiten war die Erkenntnis, daß Batterien in erneuerbaren Energiesystemen durch den lastseitigen Wechselrichter einer hohen Wechselstrombelastung ausgesetzt sind. Die durchschnittliche Belastung der Batterie wird daher sinnvollerweise durch einen Wechselstrom mit geringem Gleichanteil beschrieben.

Aber nicht nur die Lastseite sondern auch die Erzeugerseite verursacht Wechselstromanteile. In PV-Anlagen entstehen z. B. Belastungen durch den Einsatz von Solarladeregler, die häufig eine nichtlineare Charakteristik haben. Bei Windanlagen ist nicht der Laderegler ursächlich sondern das stark schwankende Energieangebot des Windes (Turbulenz). Besonders belastend für die Batterie sind vermutlich Mikrozyklen, der ständige und schnelle Wechsel zwischen Lade- und Entladeströmen. Erste Ergebnisse wurden auf der 6. Internationalen Konferenz "Batteries for Utility Energy Storage" am 21. -23. 9. in Gelsenkirchen vorgestellt.

Zur Messung der Auswirkungen von Strompulsen auf Batterien wurden zwei Batterietestgeräte gebaut, einmal als Labor- und einmal als Schaltschrankaufbau. Die Testgeräte ermöglichen Stromimpulse von bis zu 200 A zum Laden und Entladen mit bis zu 15 kHz erzeugen. Das Ersatzschaltbild des Leistungsteils ist in

Bild 1 dargestellt. Die kurzen Pulse hoher Stromamplitude erfordern einen Stromanstieg und -abfall mit ca. 100 A/ μ s. Dem Schutz der Bauelemente und Datenübertragungsleitungen gegen Spannungsspitzen und Störsignale kam beim Aufbau eine besondere Bedeutung bei. Mit dem Batterietestgeräten können Batterien sowohl mit gepulsten Strömen variabler Tastverhältnisse als auch mit Gleichstrom variabler Amplitude gelad- und entladen werden.

Für die Realisierung waren im wesentlichen zwei Neuentwicklungen notwendig. Zum einen das Leistungsteil und zum anderen die Programmierung des Mikrocontrollers mit PC Benutzeroberfläche (siehe Bild 2) der für die Steuerung eingesetzt wird.

Ein Batterietestgerät (Schaltschrankaufbau) wurde im September nach Freiburg zum FhG ausgeliefert, das zweite befindet sich im Institut für Elektrische Energietechnik und ein weiteres Batterietestgerät wird voraussichtlich im Februar 2000 nach Freiburg geliefert.

Mit den Batterietestgeräten beim FhG in Freiburg werden systematische Tests über das Verhalten der Batterien bei verschiedenen Frequenzen und Mikrozyklen durchgeführt. Am IEE hingegen werden Dauertests durchgeführt, die Aufschluß über das Langzeitverhalten bei Belastungen mit Lade- und Entladeströmen geben sollen, die für PV- und Windanlagen typisch sind.

Die Entwicklung eines Energiekonditionierers wird von dem spanischen Partner des Projekts, Trama Techno Ambiental (TTA) durchgeführt. Die aus den bisherigen Arbeiten zu erwartenden negativen Auswirkungen von Wechselstrombelastungen sollen vermieden werden und günstige Entladebedingungen erzeugt werden. Die Spezifikation des Geräts, das kommerzielle angeboten werden soll, wird zur Zeit erarbeitet.

Projekttreffen: Im Rahmen des Projekts fand im März 1999 in Clausthal-Zellerfeld eine Projektbesprechung mit allen Teilnehmern des Projekts sowie Gästen vom National Renewable Energy Laboratory, Golden, Colorado, sowie dem Sandia National Laboratory, Albuquerque, New Mexico, statt. Desweiteren wurde ein Workshop mit Vertretern einiger deutscher Batteriehersteller und fünf bedeutender Forschungszentren durchgeführt.

Am 28. und 29. September fand in Barcelona eine weitere Projektbesprechung statt.

Diplom- und Studienarbeiten: Im Rahmen des Projekts wurden eine Reihe von Diplom- und Studienarbeiten abgeschlossen. Weitere Arbeiten werden zur Zeit durchgeführt und bis zum Ende des Projekts angeboten.

Bearbeiter Dr. rer. nat. Heinz Wenzl, Tel: 05323 72 2593/2306
Dipl.-Ing. Carsten Ropeter, Tel 05323 72 2593/2306

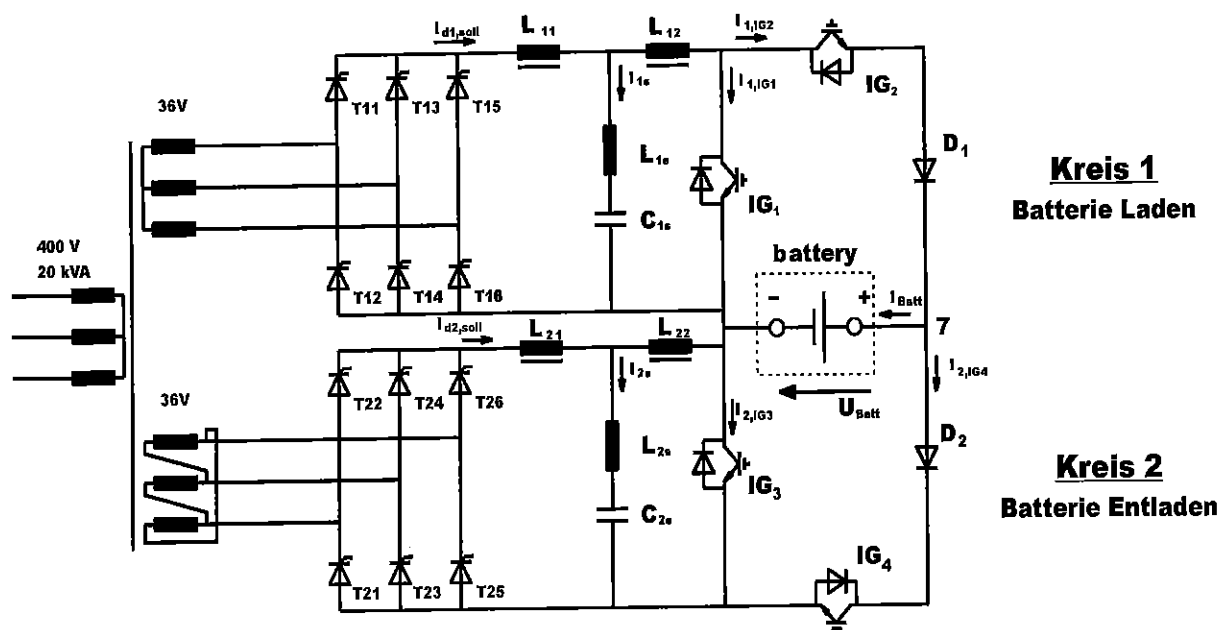


Bild 1: Vereinfachtes Ersatzschaltbild des Leistungsteils des Batterieprüfgerätes. Das Konzept besteht aus zwei Stromzweigen, einmal zum Laden und einmal zum Entladen. Durch die gewählte Anordnung und das intelligente Schalten der IGBT's ist es möglich durch hohe Stromsteilheiten auch hohe Schaltfrequenzen zu erreichen

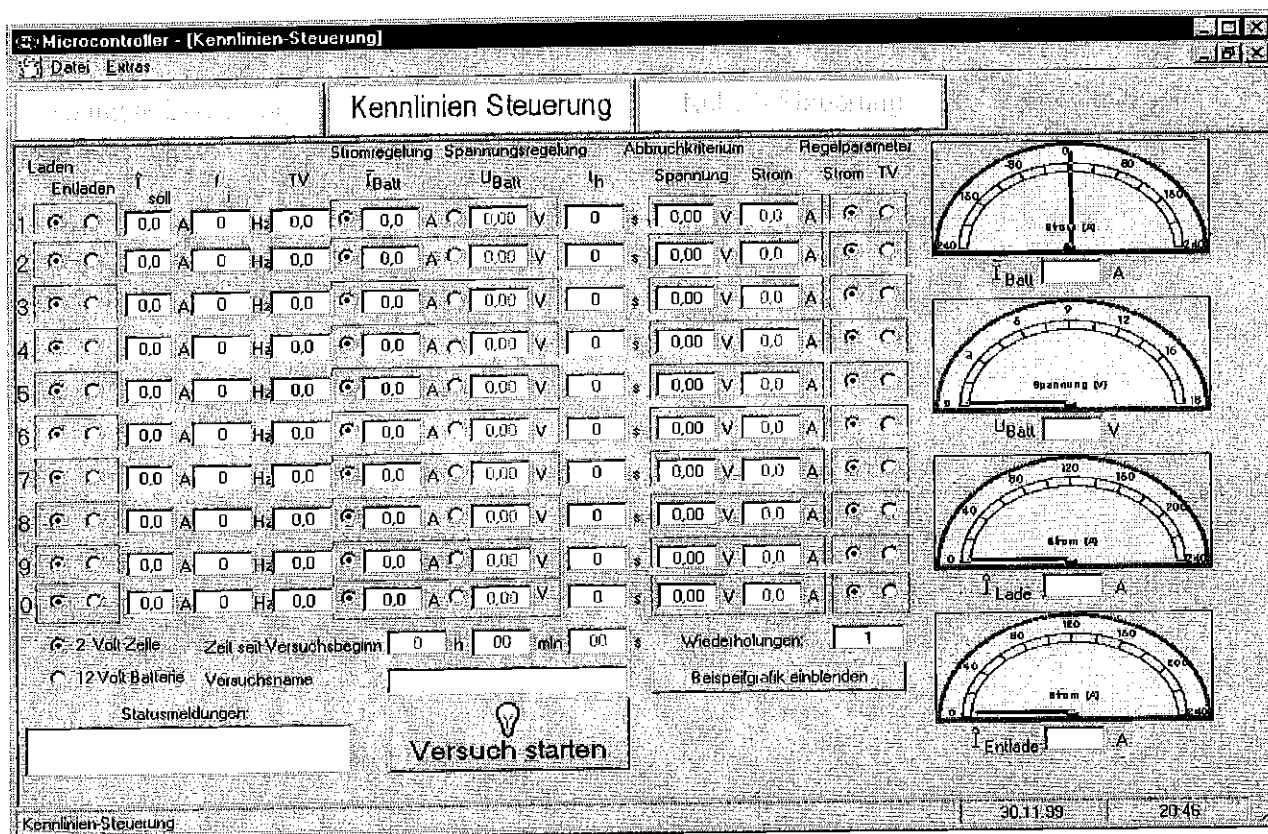


Bild 2: Screenshot der am IEE entwickelten Benutzeroberfläche zur Steuerung des Batterietestgerätes. Die dargestellte Kennliniensteuerung wird bei den geplanten Dauerversuchen am häufigsten verwendet.

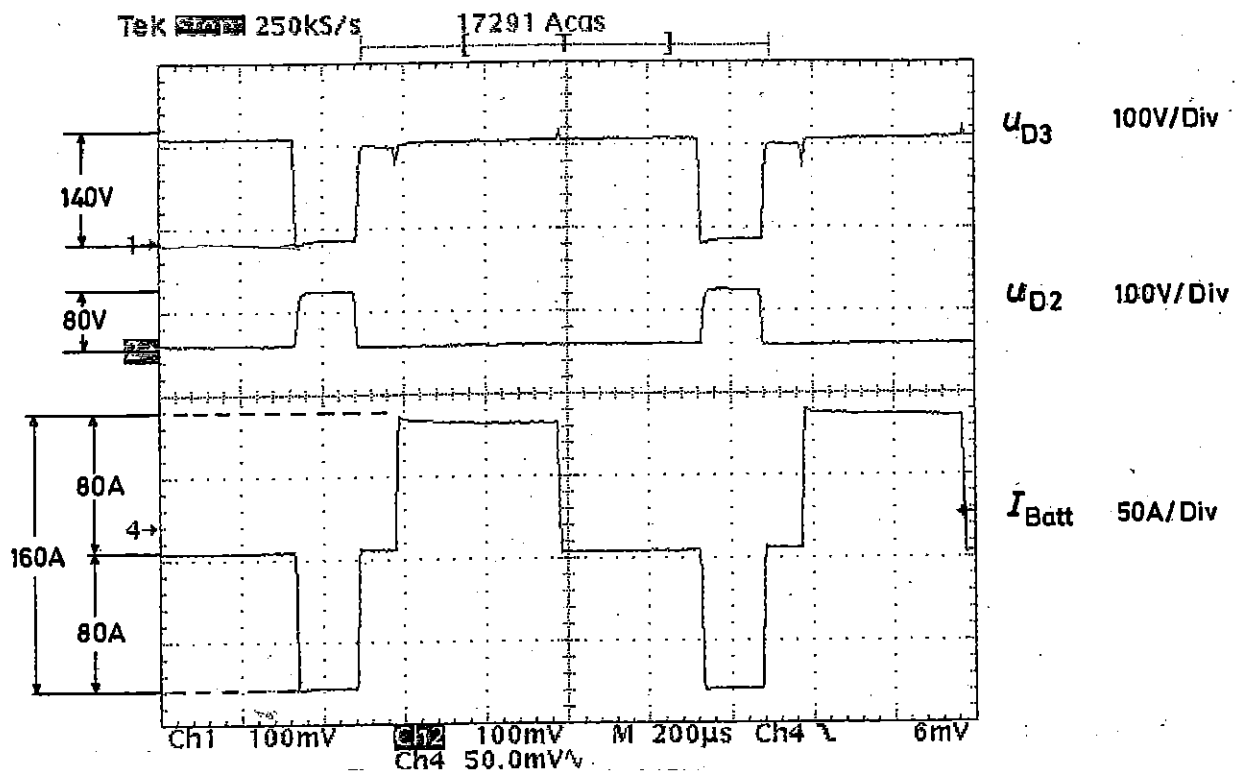


Bild 3: Rechteckförmige Wechselimpulse. Auch solche Stromverläufe sind mit dem Batterietestgerät möglich. Die Wechselimpulse sind notwendig um z. B. die Auswirkungen von Mikrozyklen auf die Batteriekapazität zu untersuchen, bei denen über einen Zeitraum von mind. 24h keine effektive Ladung oder Entladung der Batterie statt findet.

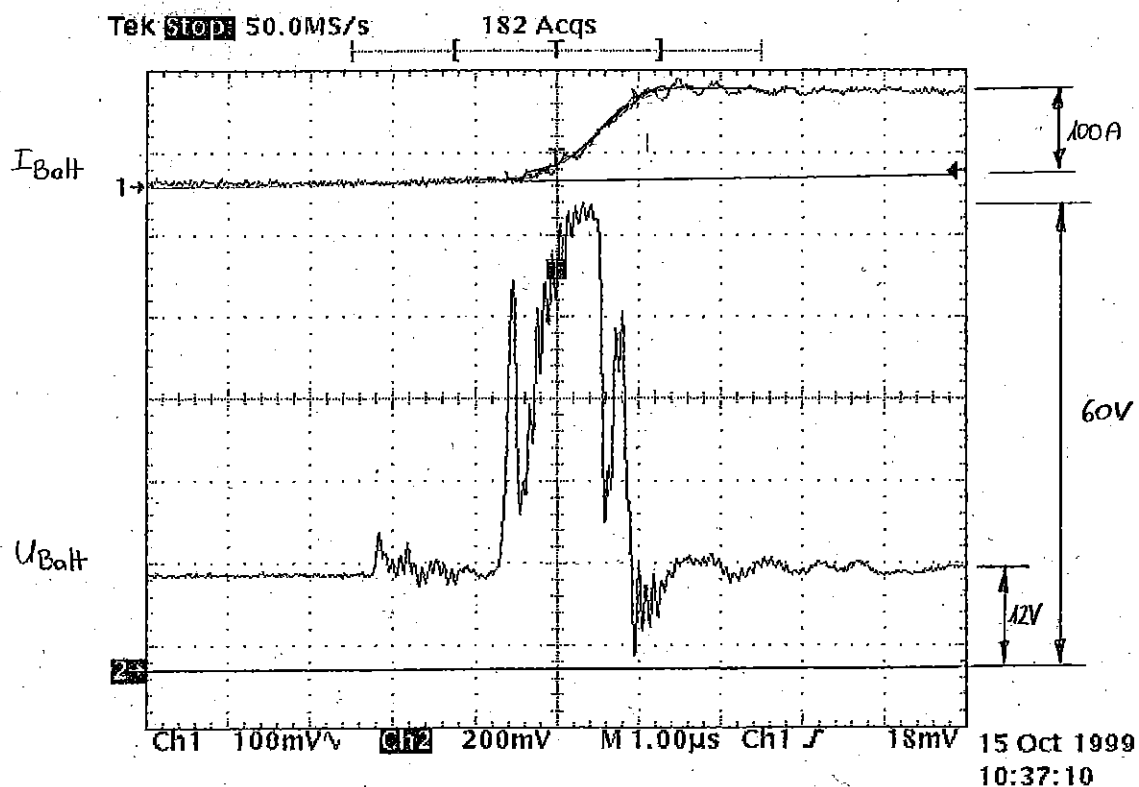


Bild 4: Verlauf der Batteriespannung bei starkem Anstieg des Batteriestroms ($di/dt = 100A/\mu s$). Die Batteriespannung steigt auf ein Vielfaches der Nennspannung. Hier beträgt die max. Spannung ca. 60V, daraus ergibt sich ein Verhältnis von 5 zu 1.

Problem: Bei Parallelführung einer Magnetschnellbahn neben einer bereits bestehenden Wechselstrombahn ist eine gegenseitige Beeinflussung der beiden Bahnsysteme durch elektromagnetische Felder zu erwarten. Ob solch eine Beeinflussung tatsächlich auftritt und wie stark diese sein kann, sollte vor dem Bau der Magnetbahn untersucht werden, um Möglichkeiten zur Verhinderung oder Minderung von Beeinträchtigungen gewinnen zu können.

Ziel: Das Magnetfeld der Magnetschnellbahn wird auf der Grundlage des Gesetzes von BIOT-SAVART mit einem einfachen Algorithmus (siehe Jahresbericht Nr.9 (1998), Dipl.-Phys. C. Salander) berechnet, um Rückschlüsse auf induzierte Ströme in parallelen, zum System der Wechselstrombahn gehörenden Leitern zuzulassen.

Die durch das Erdreich fließenden Triebrückströme der Wechselstrombahn werden auf einem geeigneten Gebiet durch eine partielle Differentialgleichung mit Randbedingungen (Erdung der Magnetschnellbahn durch die Fundamente der Pfeiler der Magnetbahn-Trasse) beschrieben, diskretisiert betrachtet und für das Feld eine Näherungslösung mittels der Finite Elemente-Methode (FEM) berechnet.

Lösungsweg: Als Gebiet Ω für die Simulation der Triebrückströme wird ein achsenparalleles Rechteck verwendet, auf dessen einem Rand eine Schiene der Wechselstrombahn liegt, auf dem gegenüberliegenden die aufgeständerte Trasse der Magnetschnellbahn entlangführt. Es gilt dann für das Potentialfeld der Triebrückströme im Erdreich die LAPLACE-Gleichung

$$\Delta \varphi = 0 \text{ auf } \Omega.$$

Für die Schiene ist ein vorgegebener Potentialverlauf zu fordern, der sich aus der Position des Triebfahrzeuges und den Positionen der Unterwerke des betrachteten Streckenstückes ergibt, für die Erdungen der Magnetschnellbahn fordert man das Potential Null. Die zugehörige Variationsgleichung ergibt sich dann zu

$$\int_{\Omega} \text{grad } \varphi \text{ grad } f \, d(x, y) = \int_{\Omega} \Delta \varphi_0 \varphi \, d(x, y) \quad \forall f \in U,$$

wobei U ein geeigneter Raum von Funktionen ist, die die geforderten Randbedingungen erfüllen, und φ_0 das gegebene Potential auf der Schiene.

Die Methode von RAYLEIGH-RITZ erlaubt nun eine Diskretisierung des Problems, indem durch linear unabhängige Ansatzfunktionen u_1, \dots, u_n ein endlichdimensionaler Unterraum

U_n in U aufgespannt wird, und man auf diesem die diskretisierte Variationsgleichung

$$\int_{\Omega} \text{grad } \varphi \text{ grad } f \, d(x, y) = \int_{\Omega} \Delta \varphi_0 \varphi \, d(x, y) \quad \forall f \in U_n$$

oder einfacher

$$a(\varphi, f) = l(\varphi) \quad \forall f \in U_n$$

betrachtet.

Als Ansatzfunktionen werden BELL-Funktionen gewählt. Dazu wird das Gebiet Ω trianguliert (d.h mit Dreiecken überdeckt) und lokal auf jedem Dreieck der Triangulierung ein spezielles Polynom 5. Grades betrachtet (\rightarrow BELL-Element). Betrachtet man global auf Ω eine Funktion, die aus den Polynomen auf jedem Element (Dreieck) zusammengesetzt ist, so erhält man eine Funktion, die stetig differenzierbar ist — auch beim Übergang von einem Element auf ein benachbartes. Auf jedem Element der Triangulierung mit Eckpunkten P_1, P_2, P_3 wird dann durch

$$u^{lok} = (u(P_1), u_x(P_1), u_y(P_1), u_{xx}(P_1), u_{xy}(P_1), u_{yy}(P_1), u(P_2), \dots, u_{yy}(P_3)) \in R^{18}$$

als sogenannter lokaler Knotenvariablenvektor (Funktionswert, erste und zweite Ableitungen in allen drei Eckpunkten) eindeutig eine BELL-Funktion auf diesem Element — also ein Polynom 5. Grades — bestimmt. Analog bestimmt ein globaler Knotenvariablenvektor $u^{glob} \in R^{6N}$ (N sei die Anzahl der Knoten in der Triangulierung) eine globale BELL-Funktion auf Ω .

Mit all diesem führt das Verfahren von RAYLEIGH-RITZ auf ein großes lineares Gleichungssystem mit einer schwach besetzten Koeffizientenmatrix, dessen Lösung $x \in R^{6N}$ den globalen Koeffizientenvektor einer Näherungslösung für das Potential auf dem Gebiet Ω ergibt. Es ist

$$Ax = b,$$

wobei die Elemente a_{ij} der $6N \times 6N$ -Matrix A gebildet werden durch

$$a_{ij} = a(u_i, u_j), \quad i, j = 1, \dots, n,$$

und die Komponenten des Vektors $b \in R^{6N}$ durch

$$b_i = l(u_i), \quad i = 1, \dots, n.$$

Erst nach der Konstruktion von A und b werden aus allen konstruierbaren BELL-Funktionen diejenigen herausgesucht, mit denen sich die Randbedingungen erfüllen lassen, und die Koeffizientenmatrix nachträglich geeignet modifiziert. Dieses Verfahren ist einfacher umzusetzen als eine a-priori-Berechnung der Ansatzfunktionen, die die Randbedingungen erfüllen.

Stand:

Herleitung von Theorie und Technik des Verfahrens sind abgeschlossen und als lauffähiges Mathematica-Programm implementiert. An noch relativ einfachen Beispielen wurde das Verfahren mit plausiblen Ergebnissen getestet. Das Beispiel in den Abbildungen 1 und 2 zeigt die Triangulierung eines Gebietes mit 4 Erden der Magnetbahn (dickere Linien in Abb. 1, auf dem oberen Rand liegt das Gleis der Wechselstrombahn) und das berechnete Potential.

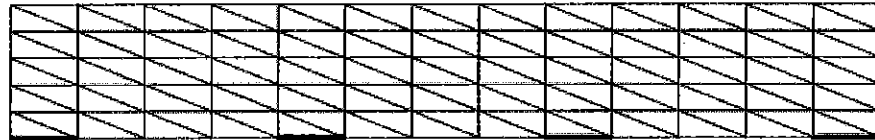


Abbildung 1: Triangulierung des Gebietes

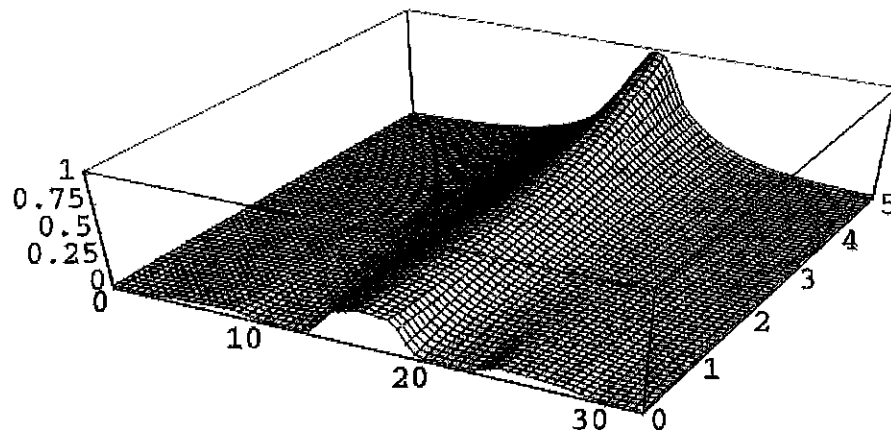


Abbildung 2: Näherungslösung für das Potentialfeld

Augenblicklich wird daraus ein leistungsfähigeres Programm entwickelt, um Probleme mit größeren Dimensionen betrachten zu können. Anschließend soll mit einem geeigneten Algorithmus verfolgt werden, auf welchen Wegen die Triebströme durch das berechnete Potentialfeld im Erdreich entlangfließen werden. Weiterhin soll die Struktur der Koeffizientenmatrix für eine schnellere Berechnung ausgenutzt werden und das Gebiet mitsamt der Randbedingungen mittels eines Gittergenerators einfacher eingegeben werden können.

Bearbeiter:

Dipl.-Math. Harald Kiel (Tel.: 72 – 37 36)

Datum:

1.12.99

Projekt:

Berechnung elektromagnetischer Felder bei Bahnsystemen

Problem: Für Anlagen der Leistungselektronik, die niederfrequente Magnetfelder emittieren, müssen im Zusammenhang mit der technischen Beeinflussung anderer elektronischer und elektrotechnischer Geräte und der Diskussion um gesetzliche Emissions-Grenzwerte bereits in der Konstruktionsphase Schirmmaßnahmen entwickelt werden, wozu sich die Feldnivellierung durch in leitfähigen Schirmplatten induzierte Wirbelströme anbietet. Die Verwendung gängiger numerischen Methoden zur Berechnung der ungeschirmten und geschirmten Felder erfordert eine kaum realisierbare Menge an Materialdaten und einen hohen Zeitaufwand für die Rechnungen der komplexen Geometrien.

Ziel: Entwicklung eines Verfahrens zur Berechnung der magnetischen Flußdichte von Feldern der Stromrichtertechnik, das den räumlichen Verhältnissen der leistungselektronischen Anlagen und dem physikalischen Verhalten von in leitfähigen Platten induzierten Wirbelströmen gerecht wird, und schließlich die Umsetzung des Verfahrens in eine einsatzgerechte Software.

Lösungsweg: Auf der Grundlage des Gesetzes von Biot-Savart zur Berechnung des Nahfelds von zeitabhängigen Magnetfeldern ist ein Algorithmus entwickelt worden, der sowohl die umfangreiche Leiterverlegung innerhalb eines leistungselektronischen Komplexes und die Halbleiterbauelemente der Stromrichtertechnik berücksichtigen kann, als auch die in leitfähigen Platten, die sich in der Umgebung der Anlage befinden, induzierten Wirbelströme und deren Magnetfelder, die sich dem ursprünglichen Quellenfeld überlagern. Amplitude und Phasenlage der Wirbelströme werden über den Fluß des Quellenfeldes und die nachfolgend im Rand der Plattenfläche induzierte Spannung berechnet. Anschließend werden diese Ströme durch mehrere Kurzschlußschleifen in der Platte, auf die der Gesamtstrom verteilt wird, nachgebildet. Ihr Eigenfeld wird ebenfalls mit der Methode nach Biot-Savart berechnet und dem Quellenfeld überlagert.

Stand der Untersuchungen:

Die Entwicklung des Algorithmus ist abgeschlossen, und mit Hilfe von Messungen am Prüfstand und an realen leistungselektronischen Anlagen der Antriebstechnik untersucht. Im kommenden Jahr erfolgt die vollständige Programmierung.

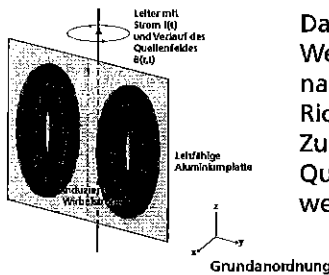
Bearbeiter: Dipl.-Phys. Corinna Salander (Tel.: 72 – 37 36)

Datum: 01.12.1999

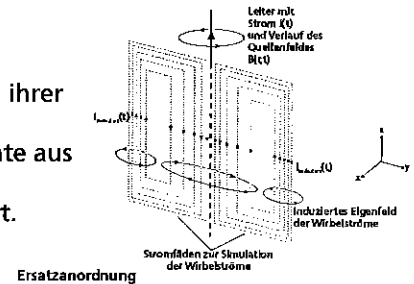
Projekt: Verfahren zur Berechnung der niederfrequenten Magnetfelder induzierter Wirbelströme aus der Stromrichtertechnik

Effizientes Verfahren zur Berechnung geschirmter niederfrequenter Magnetfelder

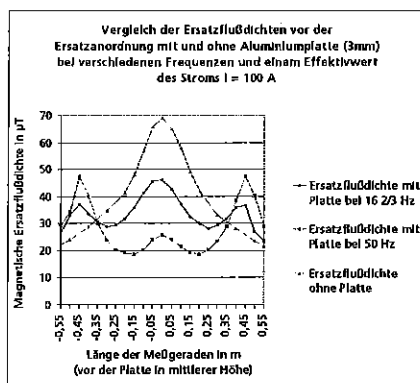
Bildung einer Ersatzanordnung



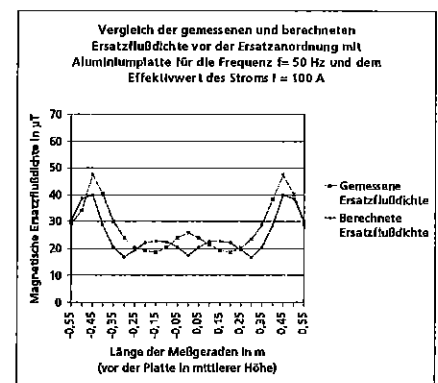
Das magnetische Wechselfeld eines beliebig geformten, Wechselstrom durchflossenen Leitersystems induziert in nahegelegenen leitfähigem Material Wirbelströme, die in ihrer Richtung dem Quellenstrom entgegen wirken. Zur Berechnung der resultierenden magnetischen Flußdichte aus Quellenfeld und induziertem Eigenfeld der Wirbelströme werden diese durch geschlossene Stromfäden nachgebildet.



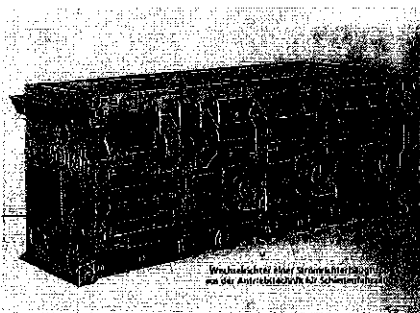
Berechnungsergebnisse der Ersatzanordnung



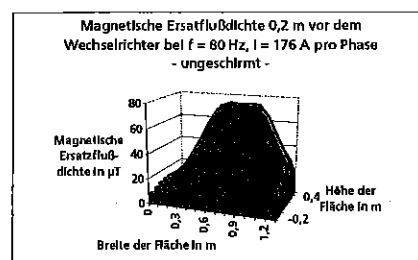
Das Gegenfeld der Wirbelströme führt zu einer Feldveränderung die zur Abschirmung in bestimmten Bereichen außerhalb des Leitersystems genutzt werden kann. Mit Hilfe des Stromfadenverfahrens kann die magnetische Flußdichte für das geschirmte Feld berechnet werden. Das ist schneller und weit weniger kostenintensiv als Messungen oder Anwendung der Finiten Elemente Methode.



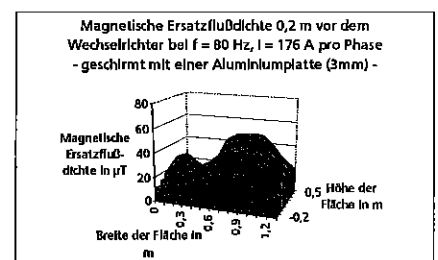
Berechnungsergebnis für ein leistungselektronisches Gerät



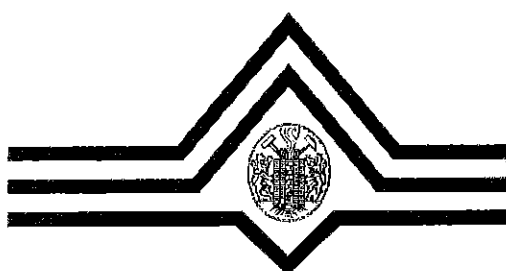
Bereits in der Konstruktionsphase können so Schirmmaßnahmen für leistungselektronische Baugruppen berechnet und erprobt werden.



Das Feld vor einem ungeschirmten Wechselrichter (links) zeigt ein deutliches Maximum vor den drei Motorzuleitungsanschlüssen (u,v,w).



Die Simulation mit dem Berechnungsverfahren zeigt, daß schon eine einzelne 3mm starke Aluminiumplatte vor den Motorzuleitungen das Feld um ca. 30% reduzieren kann.



Technische Universität Clausthal

Institut für Elektrische Energietechnik
Prof. Dr.-Ing. Beck, Dipl.-Phys. Salander

-
- Problem:**
- Unsymmetrische Lasten stellen für Inselnetze und leistungsschwache Verbundnetze ein besonderes Problem dar, weil sie, abhängig von der Kurzschlußleistung des Netzes und dem Grad der Unsymmetrie, eine Abweichung der Netzspannung vom geforderten sinusförmigen Verlauf verursachen und das Drehspannungssystem verzerren.
- Ziel:**
- Symmetrierung in Drehstromnetzen mit Hilfe eines Pulswechselrichters (Bild 1).
 - Kompensation des unsymmetrischen Scheinleistungsanteils durch Einspeisung der zugehörigen gegenphasigen Stromanteile.
- Lösungsweg:**
- Betrieb des Pulswechselrichters als anisotrope Brückenschaltung, und damit als aktiven Unsymmetrieezeuger.
 - Erzeugung des Pulsmusters am PC, Eingriff in den Pulsmustergenerator mit getrennter Zündimpulsausgabe für jedes einzelne Ventil.
 - Echtzeitfähigkeit durch Programmierung in ASSEMBLER und Zugriff auf BIOS-Funktionen.
 - Realisierung von Überwachungs- und Schutzfunktionen in der Software.
 - Unterdrückung der bei unsymmetrischen Spannungssystemen entstehenden Harmonischen (insbesondere der dritten Oberschwingung) durch ein geeignetes Zündmuster.
- Prüfstand:**
- Mini-IGBT-Stromrichter mit IPM (Intelligent Power Modul) und Treiberplatine zum Anschluß an die parallele PC-Schnittstelle (Bild 2).
 - Last als einstellbarer unsymmetrischer ohmsch-induktiver Verbraucher.
- Stand der Untersuchungen**
- Simulation eines Pulswechselrichters mit symmetrischer und unsymmetrischer Ansteuerung in NETASIM.
 - Programme in Assembler zur Ausgabe von Zündimpulsen nach dem Sinus-Dreieck-Modulationsverfahren (Bild 3).
 - Versuche am Prüfstand mit symmetrischer Last.
- Bearbeiter:** Dipl.-Ing. Albrecht Wolf (Tel: 72-2939) **Datum:** 03.12.1999
-

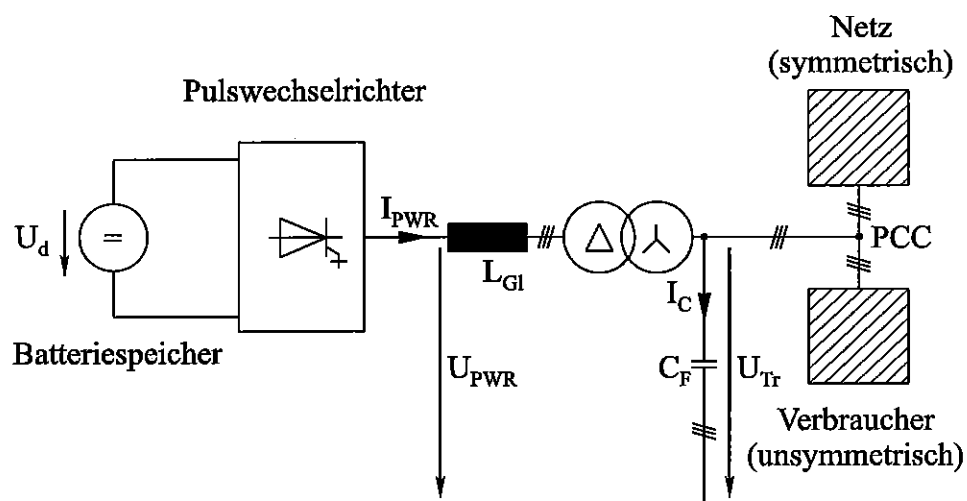


Bild 1: Aufbau der Kompensationsanlage mit Pulswechselrichter zur Symmetrierung in Drehstromnetzen.

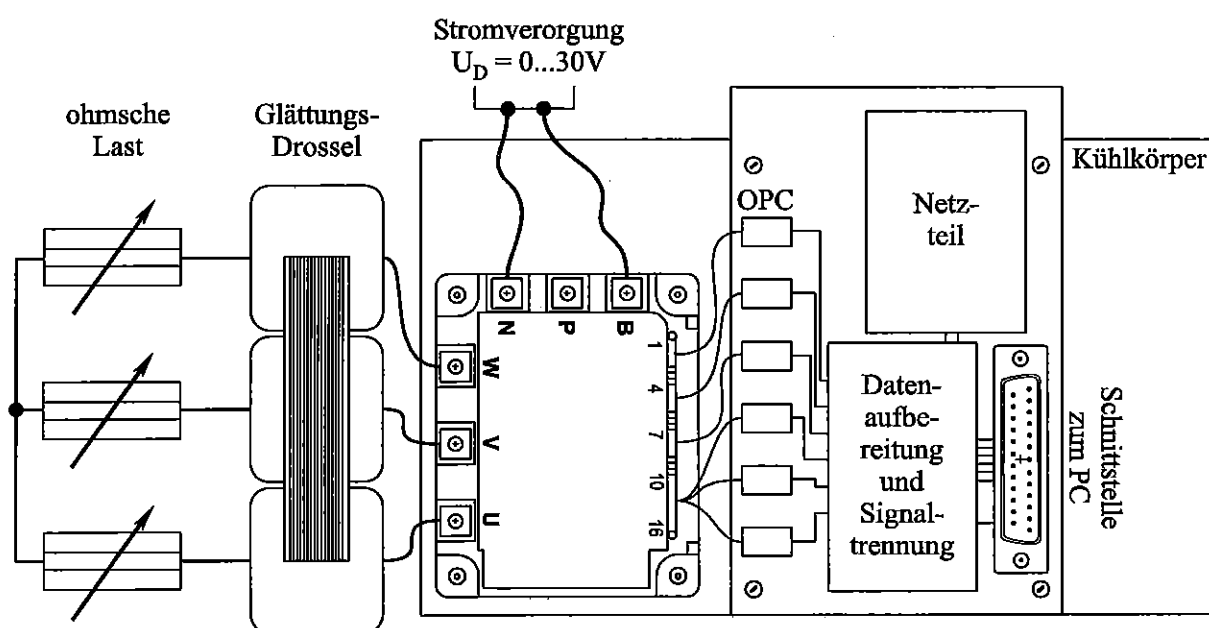


Bild 2: Prüfstand Mini-Stromrichter

Projekt: Pulswechselrichter zur Symmetrierung in Drehstromnetzen
Gruppe: Dezentrale Elektrische Energiesysteme

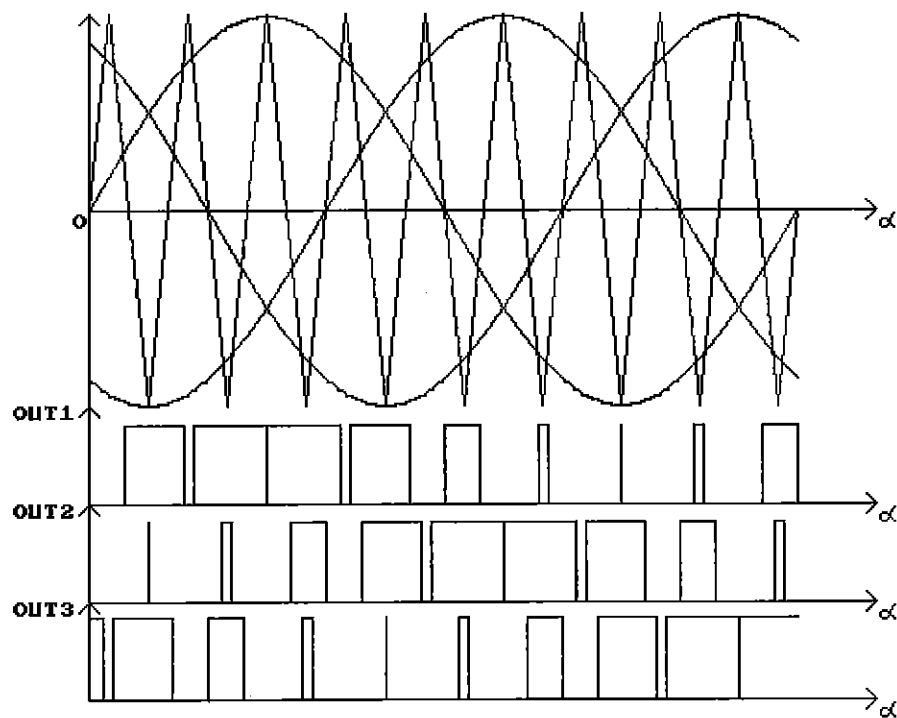
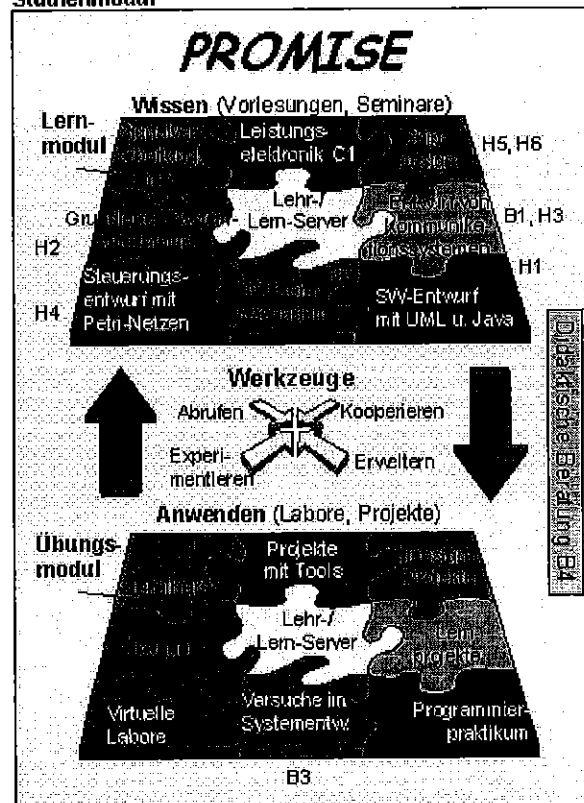


Bild 3: In ASSEMBLER generierte Referenzkurven und Ausgangssignale am parallelen PC-Port bei Vollaussteuerung

Ziel:

Es ist Ziel dieses Projektes, hochschulübergreifend und modellhaft für ein Kerngebiet der Ingenieurausbildung innovative Lernmodule, Lernmethoden und Techniken für projektorientiertes multimediales Lernen zu entwickeln, zu erproben, und in das Studium der Elektrotechnik / Informationstechnik einzubinden. Das Projekt stellt eine bundesweit einmalige Bündelung von MM-Projekten im Bereich Elektrotechnik/Informationstechnik dar, indem es 12 Projekte der Fachbereiche Hannover, Braunschweig und Clausthal integriert. Im Gegensatz zu anderen Projektverbünden dieser Größe konzentriert sich dieser Antrag auf ein wichtiges Kerngebiet der Elektrotechnik / Informationstechnik / Informatik, wodurch exemplarisch die Aufbereitung, Nutzung und Vernetzung eines gesamten Bereiches dargestellt und der kombinierte Einsatz einer Vielzahl von vernetzten Modulen in einem Studium wirklich erprobt werden kann.

Studienmodul



Projektorientiertes multimediales Studium

Name: Projektorientiertes multimediales Studium Elektro- und Informationstechnik
„PROMISE“

Projekt: Multimedia-Förderprogramm für Hochschulen in Niedersachsen
Verbundprojekt ET/IT der Universitäten Hannover / Braunschweig / Clausthal

Die Lern-Module behandeln verschiedene Aspekte eines Kernfaches der Ingenieurausbildung, dem Entwurf von Hardware-, Software-, und Kommunikationssystemen. Zentrale Infrastruktur des Projektes ist ein interaktiver Lehr-/Lern-Server Informationstechnik, über den die Module und Teilmodule zugreifbar sind (unter anderem inhalts-gesteuert über geeignete Metadaten in Form eines Kataloges/einer Fachontologie auf Basis des KBS-Hyperbuchsystems und/oder über eine Erweiterung von To/ol). Lernmodule zur Wissensvermittlung (in Präsenzvorlesungen oder im Selbststudium) und Übungsmodule zum anwendungsorientierten und projektorientierten Lernen sind entweder eng miteinander verzahnt oder auch in einem gemeinsamen Modul integriert.

Im Gegensatz zu vielen anderen Projektverbünden, die eine Vielzahl verschiedener Gebiete abzudecken versuchen, konzentriert sich dieses Projekt auf ein (wichtiges) Kerngebiet der Elektrotechnik / Informationstechnik / Informatik. Es ist daher möglich, exemplarisch die Aufbereitung, Nutzung und Vernetzung eines gesamten Bereiches darzustellen und den kombinierten Einsatz in einem Studium wirklich erproben zu können. Dies ermöglicht ein gemeinsames und integriertes Angebot, sowie eine Nutzung als vernetzte Lehrmaterialsammlung für verschiedene Einsatzszenarien und für verschiedene Hochschulen. Das Projekt sieht sich somit als Modellvorhaben sowohl für andere Bereiche der ET/IT als auch andere ingenieur- und naturwissenschaftliche Studienrichtungen und Studiengänge.

Lösungsweg: Ziel des IEE-Teilprojektes „Entwurf und Simulation leistungselektronischer Schaltungen“ ist die Entwicklung eines interaktiven Lern- und Übungsmoduls für den Entwurf und die Simulation leistungselektronischer Schaltungen. Dieses Modul ist sowohl für den Einsatz in Lehrveranstaltungen des Instituts (Energieelektronik, Regenerative Energiesysteme) im Bereich der Vorlesungen zur Darstellung von Grundfunktionen moderner leistungselektronischer Schaltungen und zur Vertiefung und Anwendung der theoretischen Lehrinhalte in den zugehörigen Übungen im Präsenzstudium als auch Weiterbildungsangebot im WWW gedacht. Dabei sollen zum einen die Möglichkeiten bereits am Institut vorhandener Softwarepakete zur Simulation (Matlab-Simulink, Netasim, Pspice) genutzt werden und zum anderen mit Hilfe Hardware unabhängiger Sprachen und Programmmodule (Java) interaktive WWW-Seiten zur Wissensvermittlung und Übung geschaffen werden, welche, als Teilmodule auf einem Server abgelegt, vernetzt werden können.

Name: Projektorientiertes multimediales Studium Elektro- und Informationstechnik
„PROMISE“

Projekt: Multimedia-Förderprogramm für Hochschulen in Niedersachsen
Verbundprojekt ET/IT der Universitäten Hannover / Braunschweig / Clausthal

Durchzuführende Arbeiten

Das Lern- und Übungsmodul dieses IEE-Teilprojektes soll im Wesentlichen die Übung zur Vorlesung Energieelektronik abdecken. Um Anwendungen und Praxisbezug der Schaltungen zu verdeutlichen und so zusätzliche Motivation zu schaffen, werden zu einem kleineren Teil Inhalte anderer, fachverwandter Vorlesungen und Übungen berücksichtigt. Als Arbeitspunkte ergeben sich:

1. Die Aufbereitung der bisherigen Übungs- und Vorlesungsunterlagen (didaktisch und technisch) in ein Format welches auf WWW-Seiten sinnvoll dargestellt und interaktiv bedient werden kann.
2. Bereits vorhandene kommerzielle Softwaretools (Matlab/Simulink, Netasim, Pspice) müssen gesichtet und für eine Server-Client Nutzung angepaßt werden.
3. Einarbeitung bereits am Institut entwickelter Softwarekomponenten zur Visualisierung in Form von interaktiven Grafiken und Animationen im WWW.
4. Einrichtung und Betreuung eines Informationsterminals zur Beantwortung von fachspezifischen Fragestellung (zum Thema "Leistungselektronik") über das WWW.
5. Erstellung eines Softwarepaketes mit Java Applets für den interaktiven Entwurf, Darstellung und Simulation (vom Schaltverhalten eines einzigen Ventils bis zum mehrphasigen selbstgeführten Umrichter) von leistungselektronischen Schaltungen im WWW.
6. Hochschulübergreifende Integration der entwickelten Softwaretools und WWW-Dateien in den bereits vorhandenen und im Aufbau befindlichen Informationspool der beteiligten Hochschulen unter Nutzung der dort bereits entwickelten Werkzeuge (KBS-Hyperbook) für verteilte und vernetzte Datenbanken im WWW und deren Nutzung.
7. Erstellen von Dokumentationen der erstellten Softwaretools und einer Online-Hilfe für das interaktive Lern- und Übungsmodul zur Simulation leistungselektronischer Schaltungen.

Projektstand: Projektbeginn war der Oktober 1999. Das kick-off Meeting aller beteiligten Projektpartner fand Anfang Dezember 1999 statt. Zu Beginn des neuen Jahres werden die aufgearbeiteten Übungen zur Leistungselektronik ins WWW implementiert und vorhandene Softwaretools eingebunden bzw. für eine Server-Client Nutzung angepaßt.

Name: Projektorientiertes multimediales Studium Elektro- und Informationstechnik
„PROMISE“

Projekt: Multimedia-Förderprogramm für Hochschulen in Niedersachsen
Verbundprojekt ET/IT der Universitäten Hannover / Braunschweig / Clausthal

Ziel: Studierenden technischer Disziplinen soll die Möglichkeit gegeben werden, im Rahmen eines Labors für „Virtual Design and Manufacturing“, welches sich aus über das Datennetz der TU-Clausthal gekoppelten Teillabore zusammensetzt, die Techniken des Umgangs mit den „Neuen Medien“ zu erlernen und so die Qualität der Forschung und Lehre an der TU-Clausthal in diesem Bereich weiter zu verbessern.

Dabei sollen vor allem folgende Aspekte berücksichtigt werden und mit Hilfe von VR-Technologien aufbereitet werden:

- Rechnergestützte Projektierung und Modellierung von Verfahren und Anlagen
- Überwachung und Steuerung technischer Systeme
- Zusammenarbeit über Datennetze
- Multimediale Darstellung von technischen Sachverhalten und Arbeitsergebnissen

Das Institut für Elektrische Energietechnik ist an dem Aufbau des Labors als Anwender dieser „Neuen Medien“ beteiligt. Hierbei liegt das Hauptaugenmerk auf der Planung und Simulation von Energieversorgungssystemen sowie der Überwachung und Steuerung dieser Systeme mit dem Ziel, die naturgemäß nicht sichtbaren Energieflüsse für den Systemplaner, Dispatcher oder Ingenieur in einer 3-D Darstellung zu visualisieren. Dabei verspricht die räumliche Darstellung, speziell von zeitlich veränderlichen elektrischen Leistungsflüssen mit einer Vielzahl möglicher, teilweise sehr abstrakter Definitionen, ein tieferes Verständnis um die physikalischen Zusammenhänge der Einzelkomponenten im realen und simulierten Versorgungssystem.

Lösungsweg: Für die beteiligten 7 Institute und Hochschuleinrichtungen ergibt sich auf Grund spezieller Erfahrungen und thematischer Grundausrichtungen eine natürliche Arbeitsteilung. Die Anwenderschicht (auch das IEE) implementiert und erprobt die Teillabore. Die anderen Beteiligten stellen hierfür die benötigte Arbeitsmittel zur Verfügung und entwickeln die Schnittstellen für eine Kommunikation zwischen den unterschiedlichen Laboren über das Datennetz der TU-Clausthal.

Projektstand: Projektbeginn war der Nov. 1999. In Arbeitsgruppen werden derzeit Vorschläge für die geeignete Hard- und Software zur VR-Darstellung ausgearbeitet. Anfang 2000 beginnt der Aufbau des Gesamtsystems

Name: „Clausthaler Labor für Plant Design und Virtual Manufacturing“

Projekt: Multimedia-Förderprogramm für Hochschulen in Niedersachsen

Ziel: Das Gebäude der Clausthaller Umwelttechnik-Institut GmbH soll zukünftig seine Energie ausschließlich aus erneuerbaren Energiequellen erhalten. Das Institut für Elektrische Energietechnik ist als Kooperationspartner für die Planung, den Aufbau und die Inbetriebnahme der elektrischen Systemkomponenten sowie eines Energiemanagementsystems verantwortlich. Ermöglicht wird das Vorhaben durch die Förderung der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) für die erste Projektphase von 3 Jahren. Im Jahr 2002 soll ein autonomer Dauerbetrieb aufgenommen werden. Es ist geplant, die Anlage weitere 7 Jahre zur Demonstration der langfristigen Machbarkeit zu betreiben. Das Bild 1 zeigt den elektrischen Teil der Energieparkstruktur.

Lösungsweg: In dem Energiepark soll mit Hilfe der folgenden Einzelkomponenten elektrische Energie erzeugt werden:

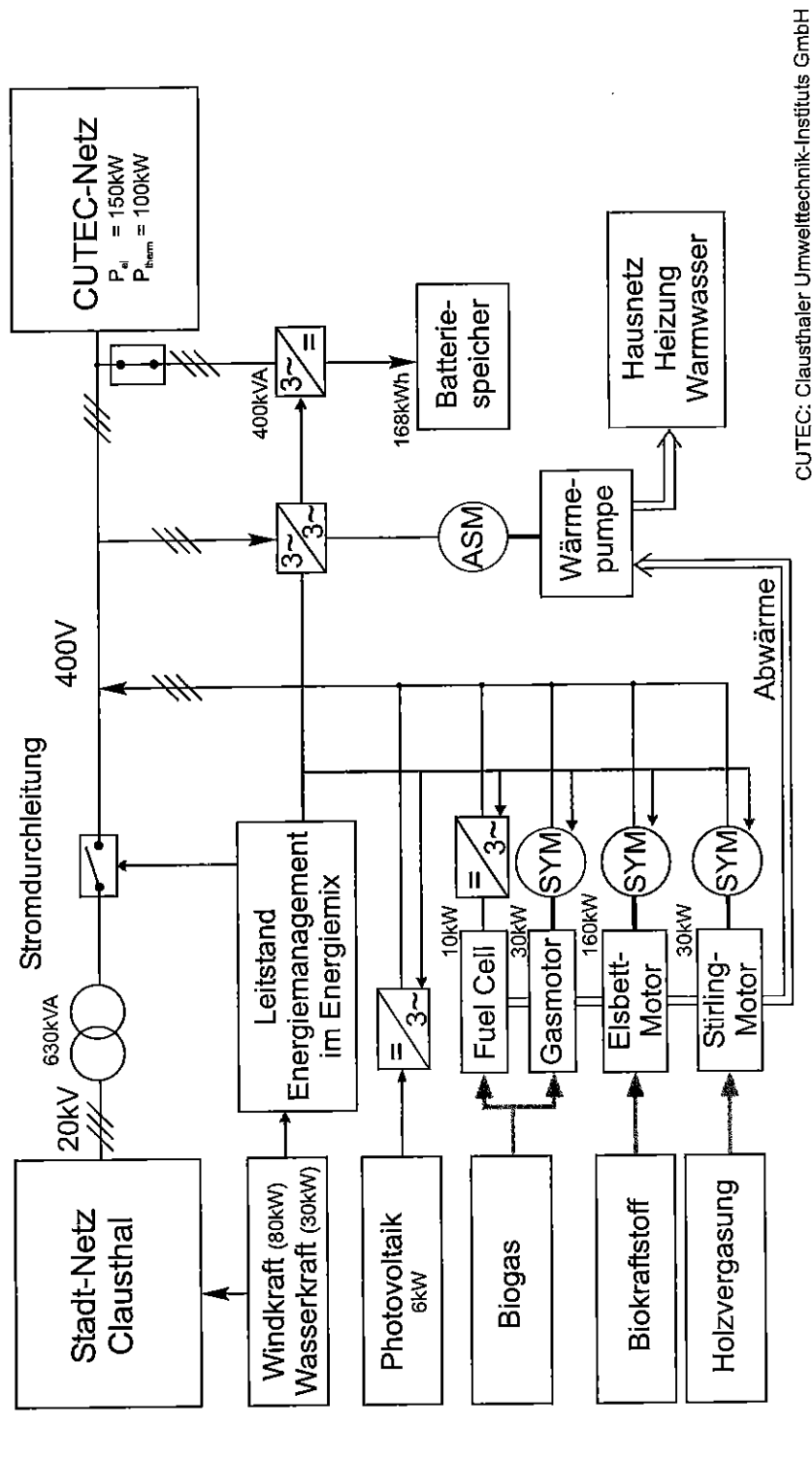
- Windkraftanlage (80 kW)
- Wasserkraftanlage (30kW)
- Fassadenintegrierte Photovoltaikanlage (6 kW)
- BHKW (Biogas, Rapsöl) (65 kW)
- Holzhackschnitzelfeuerung mit Stirling-Motor (Generator el. 9 kW)
- Batteriespeicher mit Umrichter (400 kVA, 1000 Ah)

Durch die drehstromseitige Kopplung der Einzelanlagen und ein intelligentes Energiemanagementsystem wird der Energiebedarf des Gebäudes mit einem prognostizierten Jahresverbrauch von 500.000 kWh el. in einer hohen Qualität bereitgestellt. Dabei liegt das größte Innovationspotential nicht in der Anwendung der einzelnen Erzeugungstechnologien, sondern in dem Zusammenwirken der teilweise stochastisch fluktuierenden Energiequellen in einem Energieverbund. Hierfür werden Wirkleistungszwischenspeicher (Batterien) und hochdynamische Stellglieder zur Netzstützung bzw. Inselnetzführung eingesetzt, um auf eine externe, d.h. auf konventioneller Versorgung basierenden, Netzanbindung verzichten zu können.

Projektstand: Projektbeginn war der 1.11.99. Von Seiten der CUTEC erfolgten erste Messungen und Abschätzungen der Tagesprofile sowie der derzeitigen Netzqualität. Das IEE erstellt ein Pflichtenheft für die Netzstützeinrichtung und bereitet die Messwerterfassung für die Durchleitung des Wind- und PV-Stromes vor.

Name: Energiepark Clausthal

Projekt: Clausthaller Lehr- und Demonstrationsanlage
für dezentrale Energieversorgungssysteme



CUTEC: Clausthaler Umwelttechnik-Instituts GmbH

Bild 1 Struktur des Energieparks

Be/Wo
4.2.98

Name: Energiepark Clausthal

Projekt: Clausthaler Lehr- und Demonstrationsanlage
für dezentrale Energieversorgungssysteme

- Problem:** Windkraftanlagen mit Asynchrongeneratoren sind i.a. mit einem Drehstromsteller zur sanften Netzaufschaltung ausgerüstet. Beim Aufschalten unter Vollast kann es trotz Sanftanlasser zu Stromüberhöhungen kommen. Durch Windschwankungen und Turmschatteneffekt kommt es zu Torsionsschwingungen im Antriebsstrang und Leistungsschwankungen im Netz.
- Stand der Technik:** Zur Zeit sind Drehstromsteller nur im Motorbetrieb einsetzbar und werden nach der Aufschaltung überbrückt. Eine Leistungsregelung erfolgt nur mittels mechanischer Blattverstellung. In Windkraftanlagen der Firma Vestas wird zur Leistungsregelung ein Generator mit variablem Schlupf (Varioslip) eingesetzt.
- Ziel:** Am Prüfstand soll zunächst eine Regelung mittels Drehstromsteller realisiert werden, wobei der Windrotorsimulator mit realitätsgetreuen Windgeschwindigkeitsverläufen beaufschlagt wird. Um einen Betrieb im Leistungsoptimum der zu gewährleisten, muß eine Betriebsführung in regelmäßigen Abständen den Sollwert für die Regelung anpassen. Die Regelung hat eine Verminderung der Torsionsschwingungen im Antriebsstrang zur Folge. Um den Nutzen der Regelung bewerten zu können, wurden aus dem gemessenen Wellenmomentverläufen Lastkollektive mit und ohne Regelung berechnet. Weiterhin wurden die durch den Steller verursachten Stromüberschwingungen sowie Maßnahmen zu deren Vermeidung untersucht.
- Arbeitsschritte:**
- Inbetriebnahme der Regelung mittels Drehstromsteller am Prüfstand
 - Entwicklung der Betriebsführung
 - Einsatz der Regelung bei turmschattenbedingten Momentenschwankungen (Abb. 1)
 - Durchführung von Messungen bei stochastischen Windgeschwindigkeitsverläufen (Abb. 3)
 - Auswertung der Messungen und Berechnung der Lastkollektive für den Antriebsstrang (Abb. 5a und 5b).
 - Untersuchung der Stromüberschwingungen
 - Simulation eines sechsphasigen Asynchrongenerators mit zwölfpulsigem Steller zur Reduzierung der Stromüberschwingungen (Abb. 2a und 2b)
- Dokumentation:** J. Rösner, H.P. Beck, C. Sourkounis: Wind Energy Converter with Asynchronous Machines and Three-phase AC Controller in Generator Mode, European Transactions on Electrical Power (ETEP), Erscheinungsdatum: 05.2000
Diplomarbeit U. Marckmann: Entwurf und Realisierung einer Leistungsregelung für eine Windkraftanlage mit "Opti-Slip"-Asynchrongenerator

Bearbeiter: Dipl.-Ing. J. Rösner (Tel. 72-2938)

Arbeitsgruppe : Dezentrale Elektrische Versorgungssysteme

Projekt : Windkraftanlagen mit Asynchrongeneratoren und Drehstromsteller

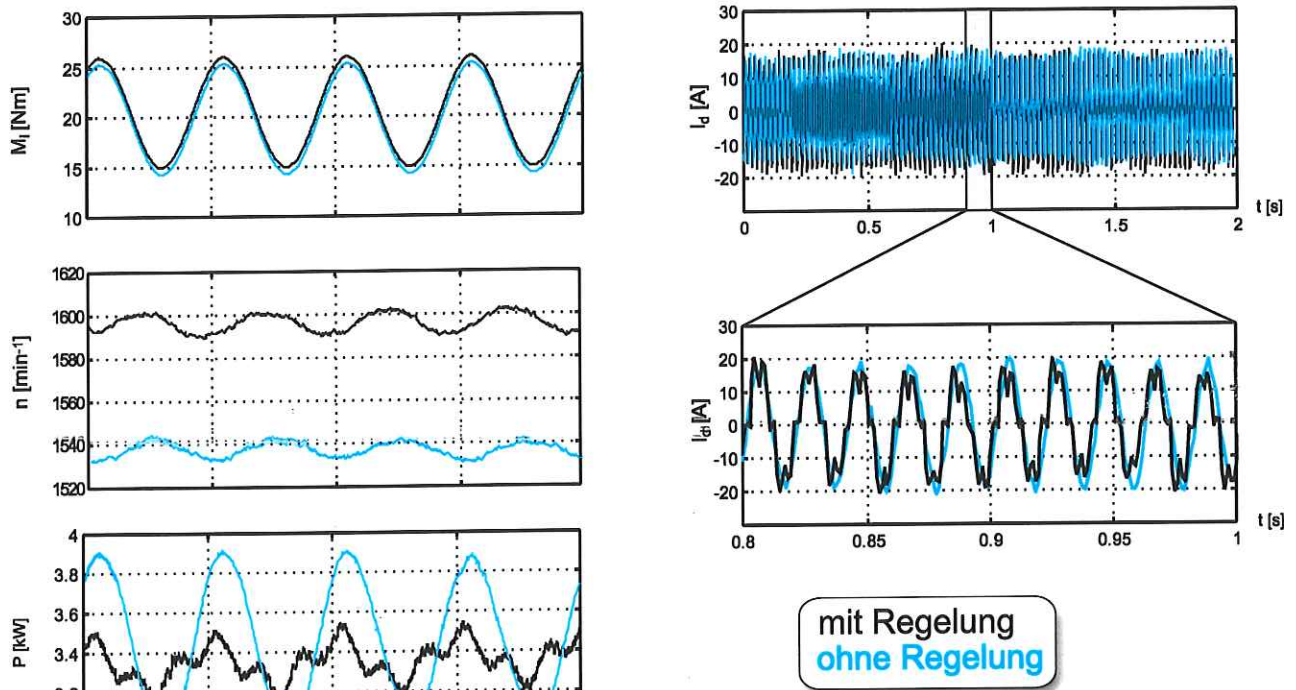


Abbildung 1: Leistungsregelung bei turmschattenbedingten Momentenschwankungen

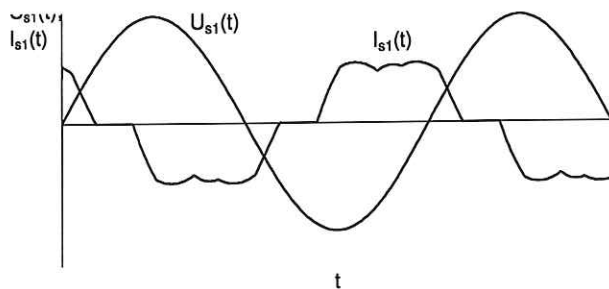


Abb. 2a: Strom- und Spannungszeitverlauf beim dreiphasigen Steller

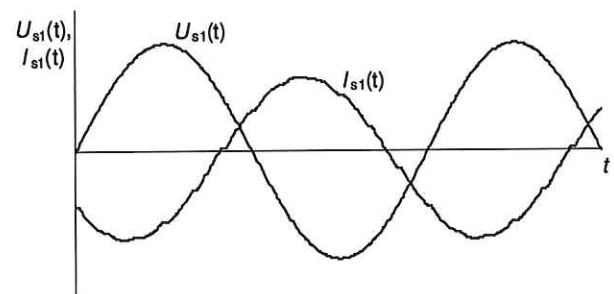


Abb. 2b: Strom- und Spannungsverlauf beim sechsheisigen Steller

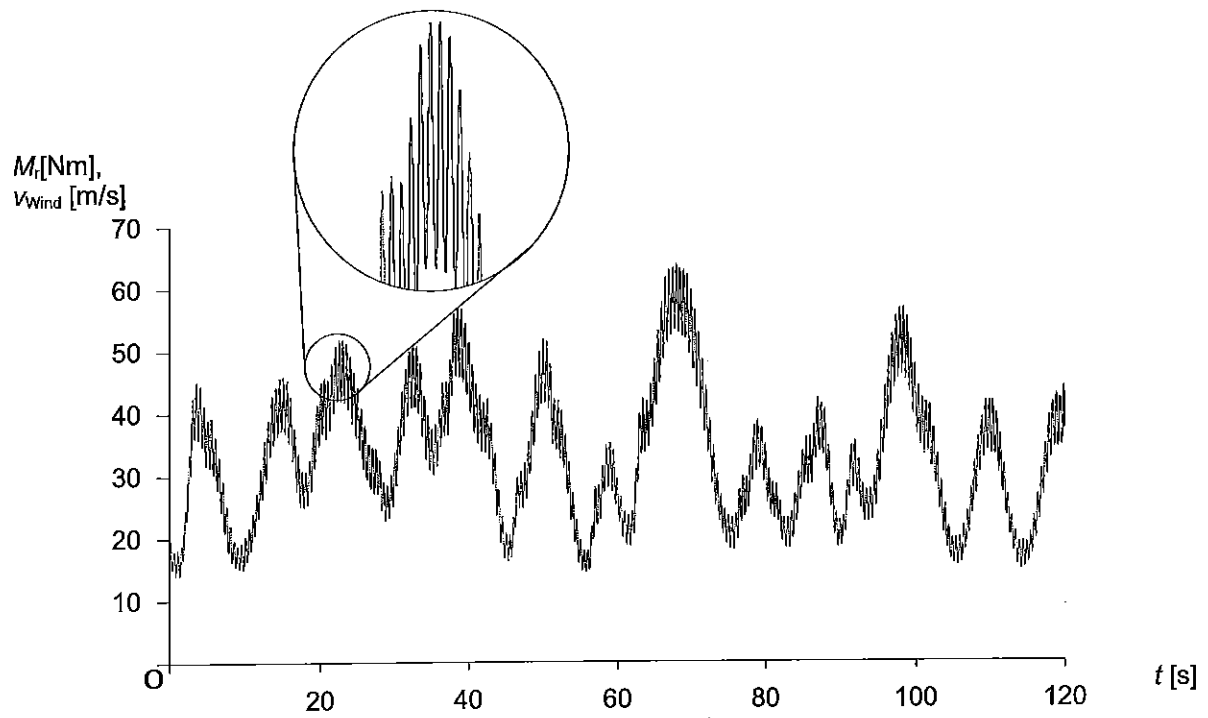


Abbildung 3: Rotormoment und Windgeschwindigkeit ohne Regelung

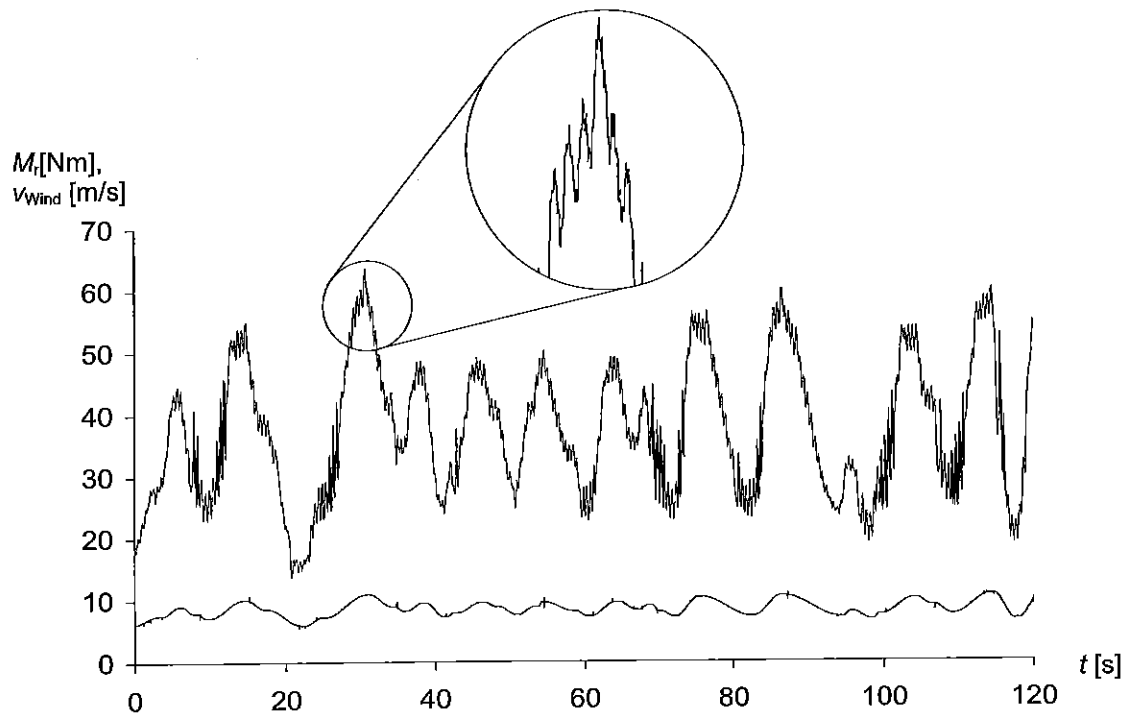
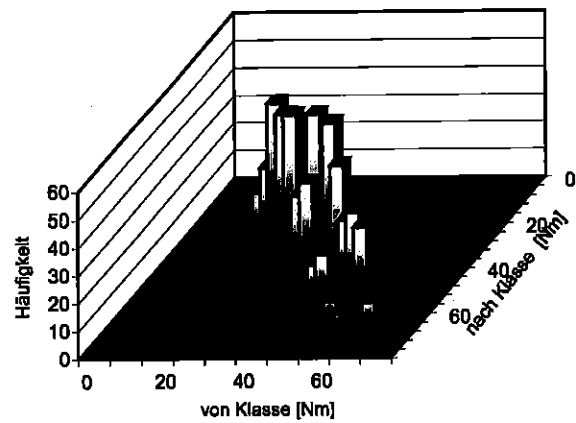
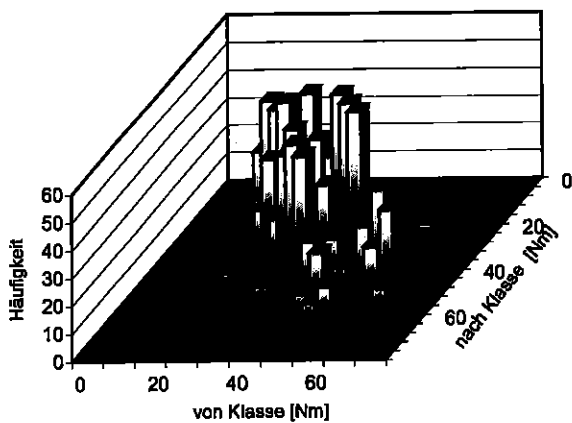
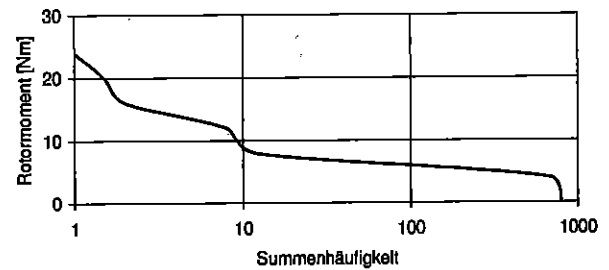
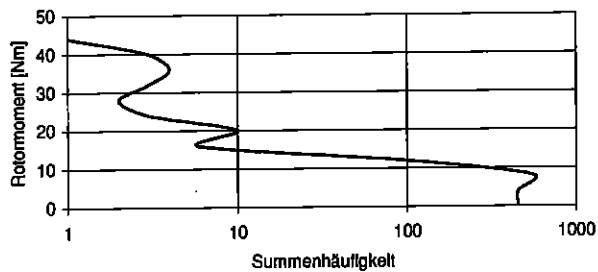


Abbildung 4: Rotormoment und Windgeschwindigkeit mit Regelung



Bereichspaarzählung (BPZ):



Klassengrenzenüberschreitungszählung (KGÜZ):

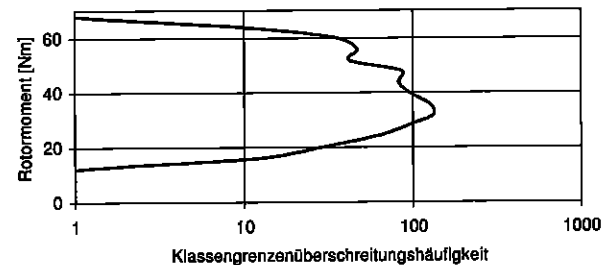
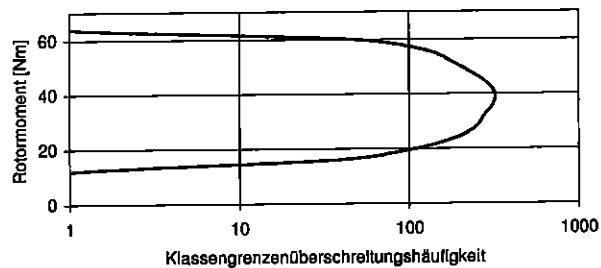


Abb. 5a: Rainflow-Matrix und -Kollektive des Rotormomentes ohne Regelung, Meßzeitraum: 300s

Abb. 5b: Rainflow-Matrix und -Kollektive des Rotormomentes mit Regelung, Meßzeitraum: 300s

4 Personelle Besetzung

4.1 Hauptamtliche Mitarbeiter des Instituts

Hochschullehrer: (Institutsdirektor)	Prof. Dr.-Ing. H.-P. Beck
Oberingenieur:	Dr.-Ing. C. Sourkounis
Wissenschaftlicher Angestellter:	Dr. rer. nat. H. Wenzl
Akademischer Oberrat	Dr.-Ing. E.-A. Wehrmann
Oberassistent	Dr.-Ing. J. Wenske
Wissenschaftliche Mitarbeiter:	Frau Dr.-Ing. C. Salander Dr.-Ing. P. Tavana-Nejad Dipl.-Ing. J. Rösner Dipl.-Ing. D. Turschner Dr.-Ing. D. Vollmer Dipl.-Ing. A. Wolf Dipl.-Ing. (BAC) A. Tulbure, Bukarest Dipl.-Ing. C. Ropeter Dipl.-Math. H. Kiel Dipl.-Ing. B. Musasa, Lubumbashi

Freie wissenschaftliche Mitarbeiter:	Dipl.-Ing. D. Mertig (Eurosolar) Dipl.-Ing. Steinforth (MTU) Dipl.-Ing. C. Söffker (Alstom/LHB) Dipl.-Ing. C. Smolenski, FH Wolfenbüttel Dipl.-Ing. Wieben, FH Wilhelmshaven
Gastwissenschaftler:	Prof.-Dr. Meng, Dekan der Fakultät Elektrotechnik, Lionang University Fuxin
Mitarbeiter im Technischen und Verwaltungsdienst:	Frau E. Mendt Herr D. Bartz Herr W. Hansmann Herr V. Just Herr H. Kirchner Herr M. Kirchner Herr R. Koschnik Herr O. Hocke (Auszubildender) Herr L. Herrmann (Auszubildender) Herr J. Reimann (Praktikant) Herr S. Schulz (Auszubildender) Herr Steinforth (Praktikant)

4.2 Von der Lehrverpflichtung befreite Hochschullehrer

Prof. Dr.-Ing. (em.) K. Bretthauer

4.3 Nebenamtlich tätige Hochschullehrer bzw. Lehrbeauftragte

Dr.-Ing. Heldt	(Lehrgebiet Sonderprobleme Elektrischer Maschinen)
Dr.-Ing. W. Diemar	(Lehrgebiet Elektrowärme)

Dr.-Ing. H. Schmidt	(Lehrgebiet Hochspannungstechnik)
Prof. Dr. rer. nat. C. Salander	(Lehrgebiet Elektrizitätswirtschaft)
Dr. rer. nat. H. Wenzl	(Lehrgebiet Batterietechnik)
AOR Dipl.-Ing. G. Helmholz	(Lehrgebiet Theorie der Wechselströme)
Dr.-Ing. Rehkopf	(Lehrgebiet Leittechnik für Verkehrs- und Energiesysteme)
AOR Dr.-Ing. Baake	(Lehrgebiet Theorie Elektromagnetischer Felder)
Dipl.-Ing D. Mertig	(Lehrgebiet Photovoltaikanwendungen)

4.4 Wissenschaftliche Hilfskräfte

Herr cand.-ing M. Abdul Mawla
Herr cand.-ing. J. Anemüller
Herr cand.-ing M. Aoulkadi
Herr cand.-ing R. Assenmacher
Herr cand.-ing. R. Bankwitz
Herr stud.-ing. R. Bengner
Herr cand.-ing Biermann
Herr cand.-ing S. Büchte
Herr stud.-ing. M. Dernbach
Herr cand.-ing A. Dowrueng
Frau stud.-ing. J. Dutkiewicz
Frau Dipl.-Ing. C. Haaß
Herr cand.-ing J. Heckmann
Herr stud.-ing. M. Hejda
Herr cand.-ing Herr Lamsahel
Herr cand.-ing Richter
Herr cand.-ing Ch. Smolenski
Herr cand.-ing T. Speil

Herr cand.-ing Stobbe

Herr stud.-ing. U. Urban

Herr cand.-ing G. Wachsmuth

Herr stud.-ing T. Wegener

Frau cand. soz.-päd. B. Wehrmann

Herr cand.-ing Wilhöft

Herr stud.-ing. R. Ziegler

4.5 Mitgliedschaften in den Selbstverwaltungsgremien der Universität

Prof. Dr.-Ing. Herr-P. Beck Prorektor für Forschung und Hochschulentwicklung der TUC
Mitglied des Konzils der TUC,
Vorsitzender der Berufungskommission C4-Professur Prozeß-
energie und betriebliche Energiewirtschaft,
Vorstandsmitglied des Forums Clausthal (FC),
Mitglied des Beirates des Deutschen Gewerkschaftsbundes
(DGB) für neue Studienkonzepte
Member of the International Scientific Committee for Electrical
Power Quality and Utilisation,
Mitglied des Informationstechnischen Zentrums (ITZ)
Mitglied der Berufungskommission Professur für Erdgasversor-
gungstechnik
Mitglied der Berufungskommission Professur für Betriebswirt-
schaftslehre
Mitglied der Berufungskommission Wirtschaftsinformatik
Mitglied der Berufungskommission Experimentalphysik
Mitglied der Jury des "Eta Wettbewerbes" der Energieversorger
des Landes Niedersachsen

Dr.-Ing. E.-A. Wehrmann Mitglied des Senats,
Mitglied des Konzils,
stellv. Mitglied des Fachbereichsrates MVT
Mitglied der Jury bei "Jugend forscht"

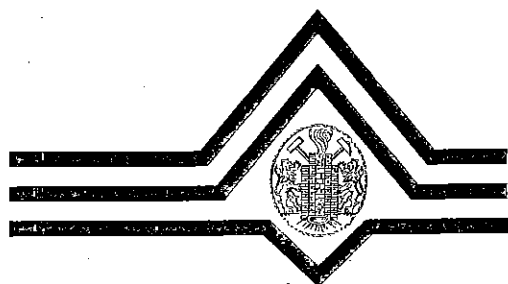
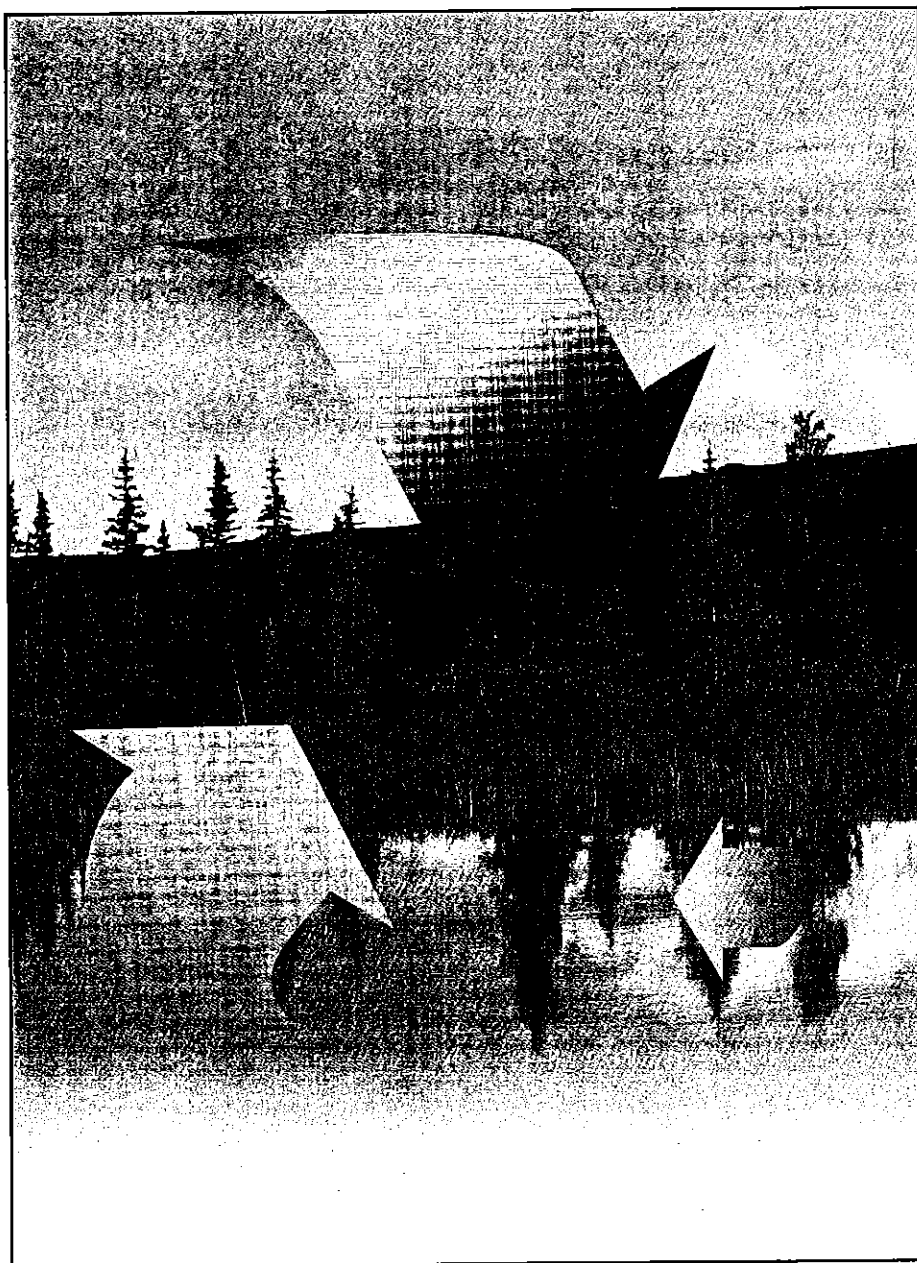
Herr W. Hansmann	Mitglied des Arbeitsausschusses der TU, Gefahrstoffbeauftragter
Herr Herr Kirchner	Institutsratsmitglied, Ersatzmitglied im Personalrat, Brandschutzbeauftragter
Herr R. Koschnik	Ausbilder, Sicherheitsbeauftragter
Herr Dr. J. Wenske	stellv. Mitglied des Wahlausschusses

5 Anlagen

Anlage 1	Kurzfassung des Vortrages "Umweltforschung an der TU Clausthal"
Anlage 2	Energiepark Clausthal
Anlage 3	Wind Energy Converter with Asynchronous Machines and Three-Phase AC Converter in Generator Mode
Anlage 4	Tag der Forschung
Anlage 5	Institutsausstattung des IEE; Personal, Geräte, Gebäude
Anlage 6	Mittel für studentische Hilfskräfte
Anlage 7	Rechnerausstattung
Anlage 8	WWW-Server Statistiken für IEE TU Clausthal

Tag der Forschung 1999

Umweltforschung in Clausthal



Technische Universität Clausthal

Vorwort

Sehr geehrte Damen und Herren,
liebe Freunde der Technischen Universität Clausthal,

die Forschung hat neben der Lehre an Deutschlands Universitäten nach wie vor einen großen Stellenwert. Nur die Einheit von Forschung und Lehre bietet die Gewähr für eine wissenschaftliche Bildung und Ausbildung unserer Studentinnen und Studenten, die die Zukunft unseres Landes sichern helfen. Wie öffentliche Rankings und Untersuchungen der Deutschen Forschungsgemeinschaft bestätigen, gilt dies insbesondere für die TU Clausthal. Anlässlich des „Tages der Forschung 1999“ laden wir Sie herzlich ein, sich selbst einen Einblick in unsere Forschungsarbeit und neuesten Forschungsergebnisse zu verschaffen, wobei wir dieses Jahr das Gebiet der Umweltforschung für Sie ausgesucht haben. Dieses aktuelle Thema gehört zu den Kernkompetenzen unserer Hochschule, was Sie auch an den dargestellten vielfältigen Themenstellungen erkennen können.

Gemeinsam mit dem Clausthaler Umwelttechnik-Institut und dem Institut für Erdöl- und Erdgasforschung präsentieren wir Ihnen 44 Beiträge zu den Arbeitsgebieten:

- Emissionsminderung
- Recycling
- Sanierung
- Messtechnik
- Ökonomie

Die Arbeitsergebnisse werden dabei in Vorträgen und in einer Posterschau dargeboten. Im vorliegenden Band sind alle Beiträge in Kurzfassung und die Poster dokumentiert, um Angehörigen von außeruniversitären Forschungseinrichtungen, Fachleuten aus Unternehmen, aber auch der interessierten Öffentlichkeit einem bleibenden Eindruck über den Stand der derzeitigen Umweltforschung an der TU Clausthal zu vermitteln.

Wir hoffen, dass sich insbesondere auch junge Menschen, die sich für ein Studium der Natur-, Ingenieur- und Wirtschaftswissenschaften interessieren, angesprochen fühlen. Auch wenn viele Beiträge nur mit einigem Hintergrundwissen gewürdigt werden können, haben sich die Autoren bemüht, ihre Arbeitsgebiete und Ergebnisse möglichst allgemeinwissenschaftlich darzustellen. Wenn es trotzdem offene Fragen gibt, scheuen Sie sich nicht, die Wissenschaftler telefonisch oder „elektronisch“ zu befragen. Sie können versichert sein, dass Sie eine Antwort erhalten, denn jeder echte Forscher redet gern über seine Arbeit.

Natürlich können Sie über die angegebenen elektronischen Adressen auch mehr über die Institute und ihre weiteren Forschungsbereiche erfahren. Besonders zukünftige Studentinnen und Studenten sollten diese Möglichkeiten, die die moderne Informationstechnik bietet, nutzen. Selbstverständlich können auch Fragen zu Studium und Lehre gestellt werden. Auch diese werden beantwortet, denn die Einheit von Lehre und Forschung wird an der TU Clausthal sehr ernst genommen. Dies zeigt sich darin, daß an allen präsentierten Forschungsergebnissen auch „Hiwis“ – das sind studentische Hilfskräfte – mitgearbeitet haben, die leider nicht alle genannt werden können. Ihnen sei an dieser Stelle, ebenso wie den Autoren der folgenden Beiträge, sehr herzlich für Ihre Mitwirkung am „Tag der Forschung 1999“ gedankt. Den Lesern dieser Broschüre wünsche ich neue Erkenntnisse und neue Fragen, denn Umweltforschung ist gerade vor dem heutigen Hintergrund der fortschreitenden Industrie- und Wissensgesellschaft ein notwendiger Prozess, an dem wir Clausthaler Wissenschaftler mitwirken werden.

Mit Clausthaler Glückauf

Prof. Dr.-Ing Hans-Peter Beck

Prorektor für Forschung und Hochschulentwicklung

Pressemitteilung lang (ca. 500 Worte, 4200 Zeichen)

Das Projekt Energiepark Clausthal startet

Clausthal Zellerfeld, 1.11.1999.

Ein technisch und organisatorisch anspruchsvolles Vorhaben wird in Clausthal-Zellerfeld gestartet. Das Gebäude der Clausthaler Umwelttechnik-Institut GmbH soll zukünftig seine Energie ausschließlich aus erneuerbaren Energiequellen erhalten. Dieser Aufgabe stellen sich das CUTEC-Institut, die TU Clausthal hauptsächlich mit den Instituten für Elektrische Energietechnik (Prof. Dr.-Ing. H.-P. Beck) und Energieverfahrens- und Brennstofftechnik (Prof. Dr.-Ing. R. Scholz) und die Stadtwerke Clausthal-Zellerfeld GmbH als Kooperationspartner. Ermöglicht wird das Vorhaben durch einen Zuschuß der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) in Osnabrück, die für die erste Phase von 3 Jahren eine Finanzierungszusage von 1,75 Mio. DM geben konnte. In diesen drei Jahren werden die einzelnen Komponenten des Energieparks errichtet. Im Jahr 2002 soll dann der autonome Dauerbetrieb aufgenommen werden. Danach ist geplant, die Anlage weitere 7 Jahre zur Demonstration der langfristigen Machbarkeit zu betreiben.

Das Projekt „Clausthaler Lehr- und Demonstrationsanlage für Dezentrale Regenerative Energieversorgungssysteme“ in der Kurzfassung „Energiepark Clausthal“ verwirklicht eine autonome CO₂-neutrale Strom- und Wärmeversorgung eines Institutsgebäudes nur aus erneuerbaren Energiequellen.

Der Energiepark soll aus den folgenden Einzelkomponenten bestehen:

- Windkraftanlage, 80 kW
- Wasserkraftanlage, 30 kW
- Fassadenintegrierte Photovoltaikanlage, 20 kW
- Anaerobe Bioabfallvergärung und Biogasnutzung im BHKW
- Holzhackschnitzelfeuerung mit Stirling-Motor und Abhitzeessel
- Pflanzenöl-BHKW auf Basis Rapsöl und Rapsölmethylester
- Solarthermische Kollektoren gekoppelt mit Wärmepumpe.

Durch die drehstromseitige Kopplung heute relevanter und eingesetzter Energiewandlungsverfahren wird der Energiebedarf eines komplexen Gebäudes (als Muster nicht exakt vorhersagbarer Energiebedürfnisse) sichergestellt und in hoher Qualität (Strom- und Spannungskonstanz, Verfügbarkeit) erzeugt. Größtes Innovationspotential liegt dabei nicht in der Anwendung der einzelnen Erzeugungstechnologien, sondern in der Energiesystemtechnik, d.h. dem Zusammenwirken der verschiedenen fluktuierenden Erzeugungseinheiten und in dem für den Betrieb notwendigen Energiemanagementsystem (Speicherkonzepte, Leistungselektronik). Es sind als Energieträger und als Energiewandlungsverfahren die derzeit verwendeten und technisch verfügbaren Technologien ausgewählt worden. Aufgrund der autonomen Betriebsweise werden die jeweiligen Potentiale (Windkraft, Wasserkraft, solare Strahlung) in ihrer unterschiedlichen Verfügbarkeit, Qualität und Schwankung für den Energiepark voll zur Versorgung herangezogen, die Biomasse (hier über feste Biomasse in

Form von Hackschnitzeln, flüssige Biomasse in Form von Rapsöl und gasförmige Biomasse in Form von Biogas) als gespeicherte Energieform sorgt für den dann noch notwendigen Ausgleich. Die Abstimmung auf der anderen Seite mit dem in Grenzen vorhersagbaren, aber dennoch fluktuierenden Energiebedarf des Instituts stellt an das Energiemanagementsystem hohe Anforderungen und erfordert elektrische und thermische Speichermöglichkeiten im Millisekunden-, Minuten- und Tagesbereichen.

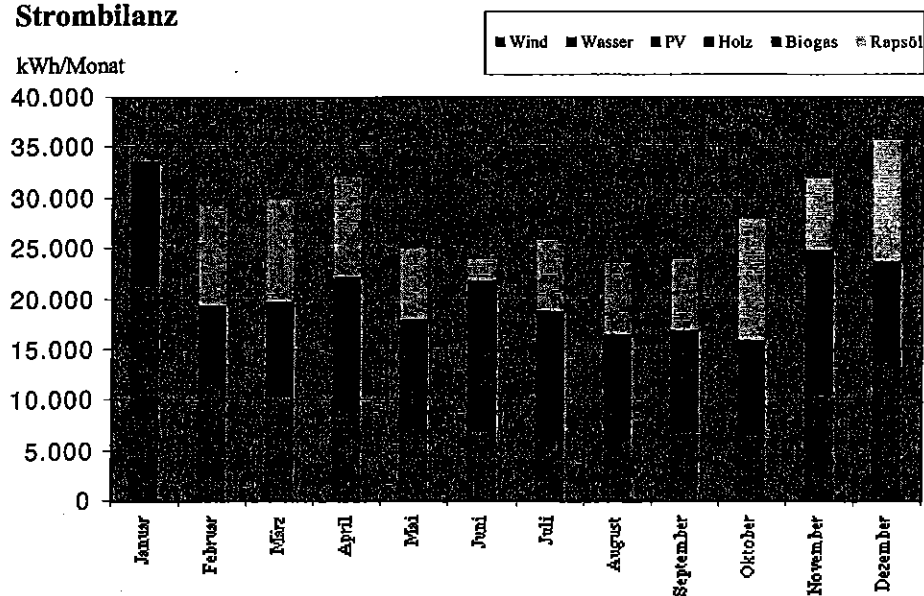
Durch die netzunabhängige Stromerzeugung und Energieversorgung des CUTEC-Gebäudes soll gezeigt werden, daß eine autonome CO₂-freie Strom- und Wärmeerzeugung unter Verwendung relevanter Energiewandlungsverfahren möglich ist. Zusätzlich läßt sich demonstrieren, daß eine erneuerbare Energieversorgung ohne externe (d.h. auch auf konventioneller Versorgung basierende) Anbindung technisch realisierbar und betreibbar ist. Damit werden in der Argumentation über die zukünftigen Chancen von erneuerbaren Energieträgern belastbare Fakten geschaffen.

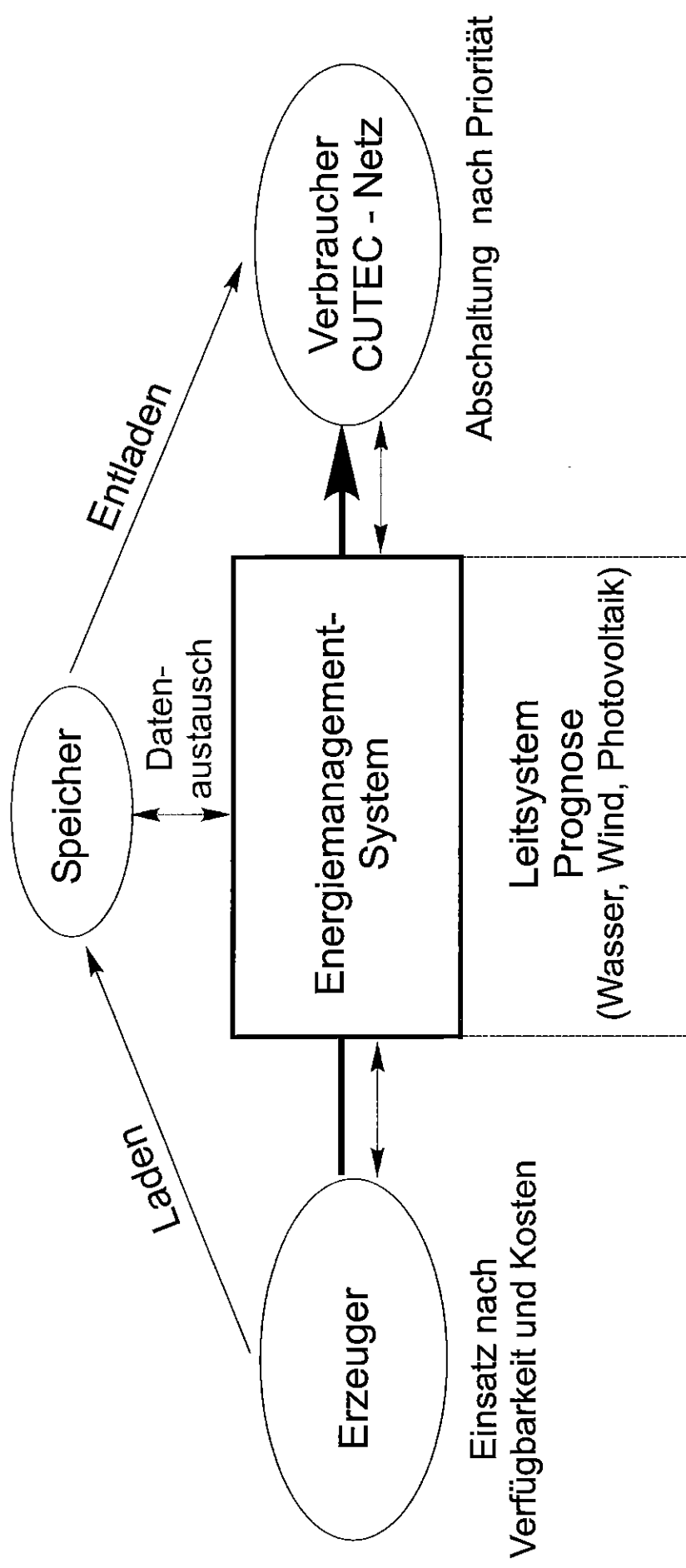
Nach vorliegenden Informationen ist dieses Vorhaben in der geplanten Größenordnung (100 kW elektrischer Bedarf mit Spitzen bis zu 150 kW) und in der technischen Realisierung (im Prinzip netzunabhängiger Parallelbetrieb auf der 400 V-Drehstromschiene) bisher in der Bundesrepublik und wahrscheinlich in Europa einmalig.

Projektkoordinator ist Dipl.-Ing. Werner Siemers am CUTEC-Institut.

Abbildungen/Grafiken können bei Bedarf zur Verfügung gestellt werden.

Strombilanz





Grundstruktur des Energiemanagement-Systems

Wind Energy Converter with Asynchronous Machines and Three-phase AC Controller in Generator Mode

J. Rösner, H.P. Beck, C. Sourkounis

Abstract

Wind energy converters (WEC) with an asynchronous generator are usually connected to the grid during start-up time via a softstarter, consisting of a three-phase AC controller. In generator mode the controller is bridged and the wind turbine is connected directly to the grid. In this case changes of wind speed cause fluctuations of the electrical power. This paper shows, how the controller can be used as a power controller with the aim of reducing the grid interference and life-time extension for the mechanical components.

In simulation and on a WEC-model 10kW test bed it could be shown that the power control limits the power up current to the nominal current and power fluctuations produced by wind speed variation and tower shadow effect are reduced. The harmonics were analysed and compared to the harmonics of a six-phase generator and a 12-pulse AC controller.

1 Introduction

There are various concepts for the connection of a wind turbine to the electrical grid. A very cheap and robust solution is the usage of an asynchronous generator with softstarter which is a three-phase AC controller. For power control only the blade adjustment system is available, which is not able to control short-time fluctuations produced by fast wind speed fluctuations or the tower shadow effect.

Instead of bridging the controller in generator mode it can be used for power control. For this application at first the behaviour of the AC controller in generator mode had to be defined, then it had been tested in simulation and on a WEC-model 10kW test bed.

To minimise the harmonics produced by the AC controller, there are several technical solutions. In this paper the usage of a six-phase generator will be discussed.

2 AC controller in Generator Mode

2.1 Single Phase AC controller

The behaviour of the AC controller in generator mode can be analysed using the network shown in Fig. 1. :

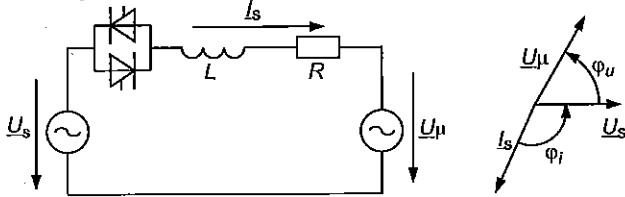


Fig. 1. Network with an AC controller in generator mode, vector diagram: $\hat{U}_s/\hat{U}_\mu=0.8$, $\varphi_u=60^\circ$, $\varphi_i=114^\circ$

The current is given by the following differential equation:

$$i_s(t) + \frac{L}{R} \frac{di_s(t)}{dt} = \frac{1}{R} (u_s(t) - u_\mu(t)) \quad (1)$$

The first thyristor is fired at $\omega t = \alpha$, where α is the delay angle of the controller. With the initial condition $i_s(\omega t = 0)$ the time function of the current is:

$$i_s(t, \alpha) = \hat{I}_s \cdot \sin(\omega t - \varphi_i) - \sin(\alpha - \varphi_i) \cdot e^{-\frac{1}{T}(t - \frac{\alpha}{\omega})} \quad (2)$$

with

$$T = \frac{L}{R}, \quad k = \frac{\hat{U}_s}{\hat{U}_\mu}, \quad \hat{I}_s = \hat{U}_\mu \cdot \sqrt{\frac{1 - 2k \cos(\varphi_u) + k^2}{R^2 + \omega^2 L^2}} \quad (3)$$

$$\varphi_i = \arctan \frac{\sin \varphi_u}{k - \cos \varphi_u} + \arctan(\omega T) \quad (4)$$

where φ_u is the angle between \underline{U}_s and \underline{U}_μ and φ_i is the angle between \underline{U}_s and \underline{I}_s as shown in the vector diagram in Fig. 1.

The transfer characteristic is given by the r.m.s. value as a function of α :

$$\frac{I_{RMS}(\alpha)}{I_{RMS0}} = \sqrt{\frac{1}{T_0} \int_0^T i_s^2(t, \alpha) dt}, \quad I_{RMS0} = \frac{\hat{I}}{\sqrt{2}} \quad (5)$$

The transfer characteristic is shown in Fig. 2. for $L=0$ (solid line) and $R=0$ (dotted line):

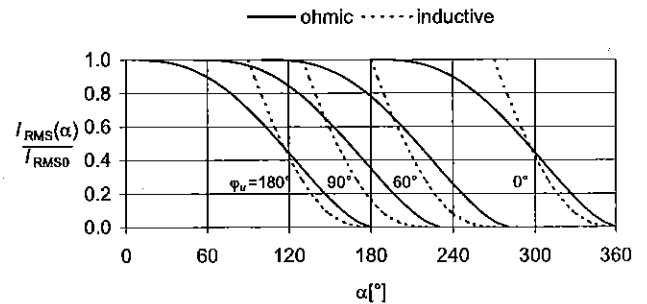


Fig. 2. Transfer characteristics of a single-phase AC-controller

For $\varphi_u = 180^\circ$ eq. (5) delivers the well known characteristic for an ohmic-inductive load [1]. When decreasing the voltage phase angle φ_u the curve is shifted to higher delay angles.

2.2 Three-phase AC controller

For the analysis of the three-phase controller the network (Fig. 3.) is used:

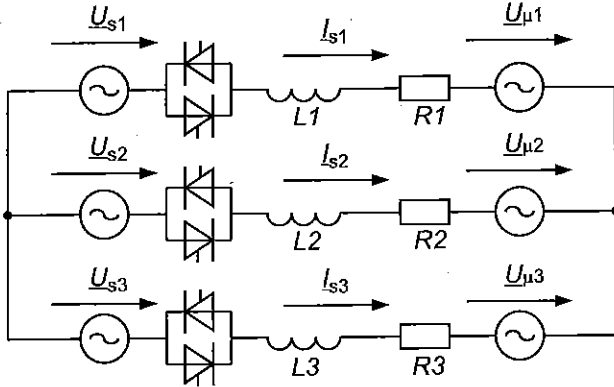


Fig. 3. Three-phase network with an AC controller in generator mode

In contrast to the single-phase case there are different operating conditions depending on the number of the current-carrying phases.

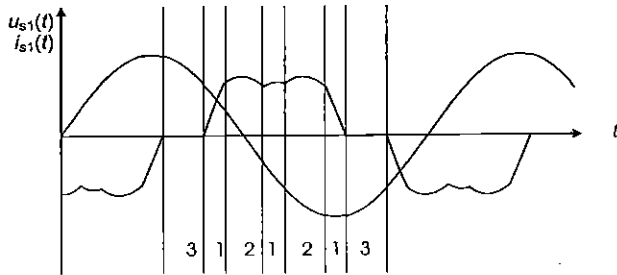


Fig. 4. Voltage and current flow at a three-phase AC controller in generator mode and an ohmic-inductive load in series with a voltage source, $\phi_r = 6^\circ$, $\alpha = 200^\circ$, $\phi_i = 150^\circ$

In Fig. 4. there are three different states for the current flow:

1. In all three-phases a thyristor is fired, the system works symmetrically.
2. In one phase no thyristor is fired, there are two current carrying phases. The driving voltage is the phase-to-phase voltage, the load consists of two impedances in series, for example L_2, R_2 and L_3, R_3 .
3. In only one phase a thyristor is fired, there is no current flow.

The time function of the current is much more complex than in the single-phase case, so an analytic solution is very extensive [1]. The transfer characteristics in Fig. 5. have been constructed numerically.

Applying the model in Fig. 3. to an asynchronous generator, U_μ is the transient internal voltage of the machine and the current phase angle ϕ_i in generator mode can be calculated easily from the $\cos\phi$ of the machine: $\phi_i = 180^\circ - \phi$. With this information the working range of the controller-powered generator can be defined.

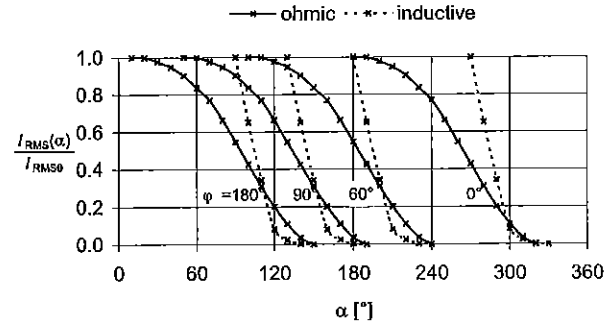


Fig. 5. Transfer characteristics of the three-phase AC controller

3 Reproduction of a Wind Generator

3.1 Reproduction of the Wind Rotor

The wind rotor torque can be calculated as

$$M_r = \frac{\rho}{2 \cdot x \cdot n_r} \cdot v^3 \cdot R^2 \cdot c_p(\lambda) \quad (6)$$

R : rotor radius [m]

ρ : air density = 1.229 kg/m³

v : wind speed [m/s]

n_r : rotor rotation speed [s⁻¹]

x : transmission gear ratio n_{gen} / n_r

λ : tip speed ratio = $2\pi n_r R / v$

c_p : power coefficient

$c_p(\lambda)$ is a function depending on the rotor blade profile. At the Institute of Electrical Power Engineering (IEE) a simulation program has been developed, which calculates the c_p -values from the rotor blade geometry. For the simulation the profile NACA 4421 was used.

The rotor torque characteristic was programmed on a microcontroller, which outputs a reference value to a current-controlled DC-motor (Fig. 7.). The connection to the asynchronous generator can be described as a three-mass-oscillator with a resonance frequency $f_r = 12$ Hz.

3.2 Definition of the Operating Points

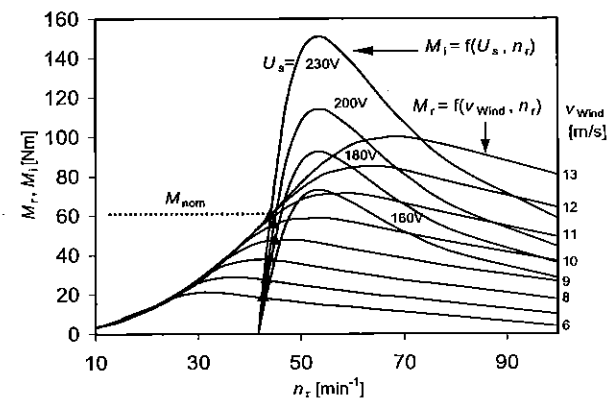


Fig. 6. Operating points of a wind generator with variable stator voltage U_s and a nominal slip $s_n = 5\%$

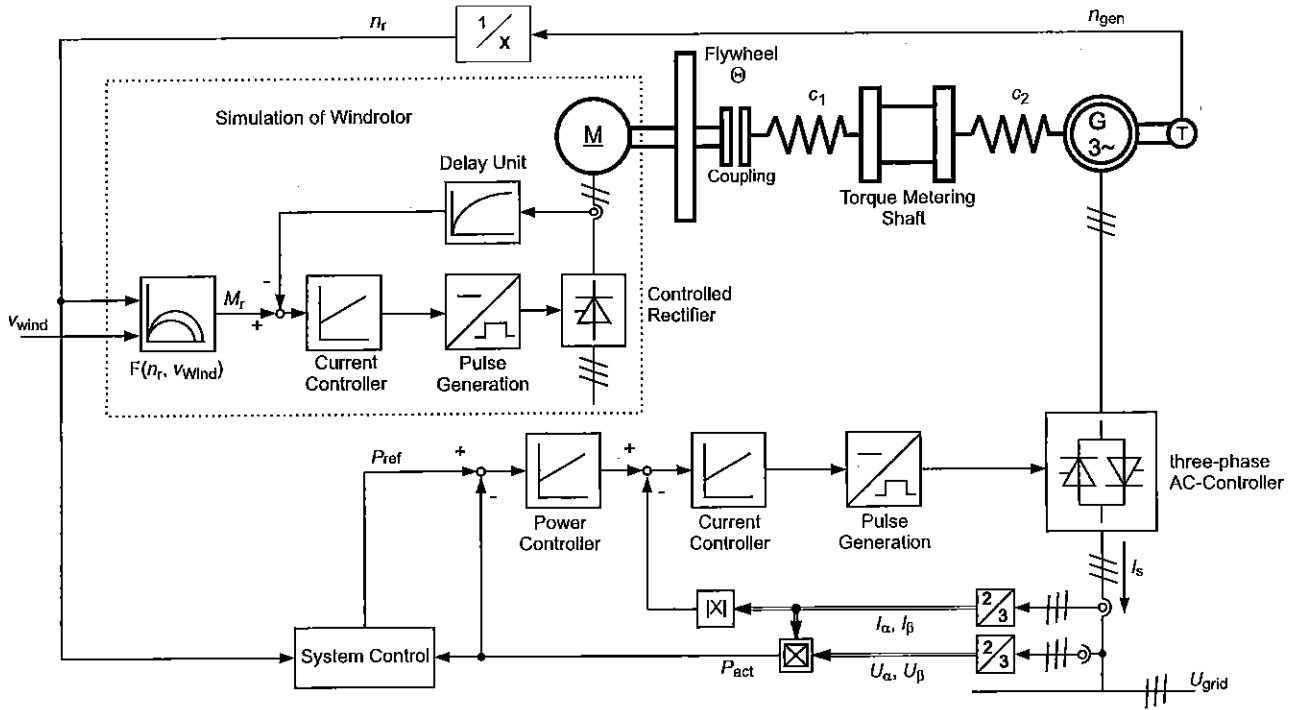


Fig. 7. Scheme of the test bed [2]

The generator has a nominal power of 10kW. When it is connected to the AC controller, the stator voltage can be reduced by raising the delay angle. As shown in Fig. 6. , this provides an additional operating parameter for selection of the steady state points. At wind speeds v_{wind} above 7m/s a reduction of the stator voltage provides a higher efficiency through a finer adaptation of the generator characteristic curve to the wind rotor characteristic. This effect is limited to higher wind speed by the reduction of the stall torque M_s of the generator. Eq. (7) shows that M_s decreases in proportion to the square of the stator voltage [6] :

$$M_s = \frac{3 U_s^2}{2 \omega_d X_\sigma} \quad (7)$$

X_σ : Leakage reactance

ω_d : synchronous angular speed

For decreasing stator voltage the stator losses rise because of the higher stator current, which can be calculated for the steady state from the equivalent circuit for the asynchronous machine and the Kloss formula [6]:

$$I_s = -\frac{U_s}{2R_s} \cos \varphi + \sqrt{\frac{U_s^2}{4R_s^2} \cos^2 \varphi + \frac{M_i \omega_d}{3R_s}} \quad (8)$$

Which effect is dominant depends on the stator resistance R_s and the wind rotor characteristic $M_{wind} = f(v_{wind}, n_r)$. For the generator used in the test bed of the IEE both effects nearly compensate each other, so the electrical power remains nearly constant, when U_s is changed at a constant wind speed. For generators with a higher nominal power the rated stator resistance is smaller, so a decreased stator voltage leads to higher electrical power.

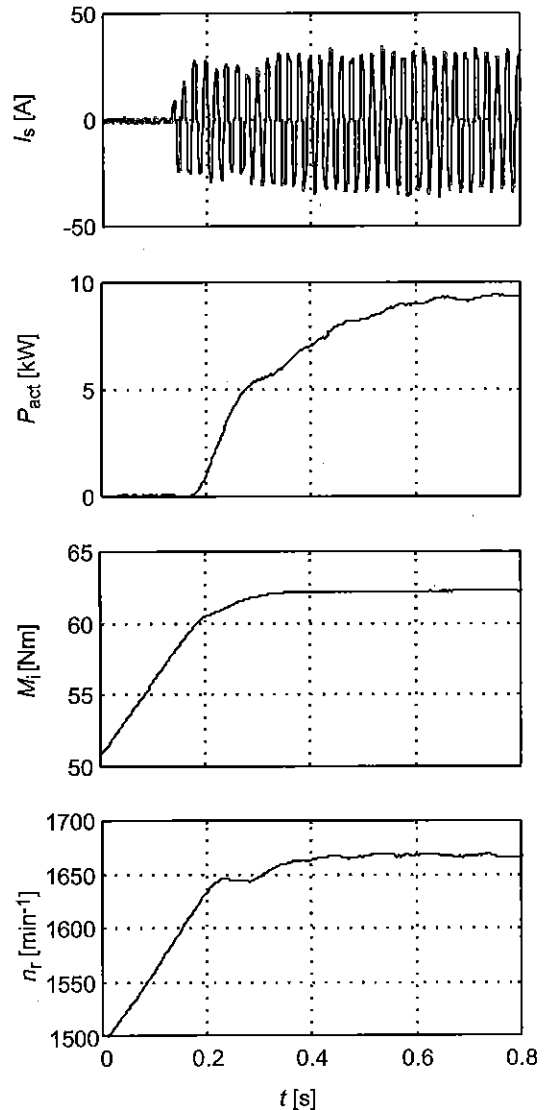


Fig. 8. Measured time-curves for current controlled start-up

3.3 Soft Start-up Phase

When a WEC is switched on or off, a voltage variation may occur at the point of common coupling (PCC). This, for example, causes a variation of the luminance density in lamps called flicker. Because the human eye reacts very sensitive to flicker effects, compatibility levels have been defined depending on the switching frequency. It is assumed that the switching frequency is less than 6 times per hour. In this case the compatibility level is 3%. [5]

The voltage change corresponds to the load change rated to the short-circuit power at the PCC. The start-up phase of a WEC is characterised by the current ratio $k = I_{\max} / I_n$, where I_n is the nominal stator current. The voltage change can be expressed as:

$$\frac{\Delta U}{U_n} \approx \frac{k \cdot S_n}{S_s} \leq 0.03 \quad (9)$$

For asynchronous generators that are connected directly to the grid, k ranges between 6 and 8 [7].

Power control is based on the effect that the wind rotor is accelerated or decelerated by decreasing or, respectively, increasing the stator voltage. This way kinetic energy can be stored in the wind rotor mass, which is simulated by a flywheel. Fig. 7. illustrates the structure of the test bed at

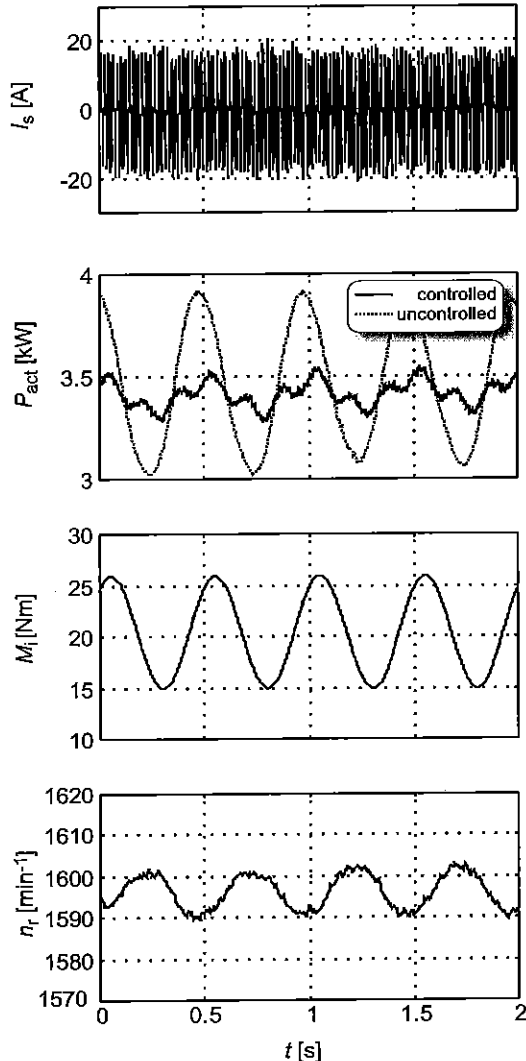


Fig. 9. Measured time-curves of the power control damping the vibrations produced by the tower shadow effect.

the IEE.

For a power-controlled start-up the rotor is accelerated to 1500 min^{-1} , before the power control is activated. Fig. 8. shows that the current ratio $k=1$ can be realised even at the nominal rotor torque if a suitable control system is used.

3.4 Influence of the Tower Shadow

A common problem at WEC with horizontal shaft are wind turbulences behind the tower. They produce a reduction of the rotor torque, when a rotor blade meets the tower shadow.

The resulting rotor torque can be written as a Fourier series[3]:

$$M_t = M_0 + \sum_{i=1}^{\infty} M_i \cos(z_b i \omega_r t) \quad (10)$$

z_b : number of rotor blades

ω_r : rotor angular speed

The amplitude of M_1 is the highest - about 20% of the steady component for a three-blade rotor. For example a rotation speed of 40 min^{-1} produces a frequency of 2Hz. The closed loop power control is used to damp this rotor torque oscillation. The measured results are illustrated in Fig. 9. The rotor torque M_t corresponds to a wind speed of $v_{\text{Wind}}=7 \text{ m/s}$. The measurement of the electrical power P_{act} shows that the amplitude of the power fluctuations with power control is only 25% of the amplitude without power control.

4 Harmonics

The usage of the three-phase AC controller in generator mode causes harmonics in the stator current I_s . Their amplitudes depend on the delay angle α and the $\cos\phi$ of the load.

The maximal amplitude occurs at the 5th harmonic, other harmonics occur at $v=7, 11, 13...$

The highest occurring amplitudes have been calculated numerically as a function of the delay angle α , Fig. 10. All values are rated to the r.m.s.-value of the sinusoidal stator current I_{RMS0} . The transfer characteristic ranges from $\alpha = 180^\circ - \phi$ ($I_{\text{RMS}}/I_{\text{RMS0}}=1$) to $\alpha = 330^\circ - 2\phi$ ($I_{\text{RMS}}/I_{\text{RMS0}}=0$).

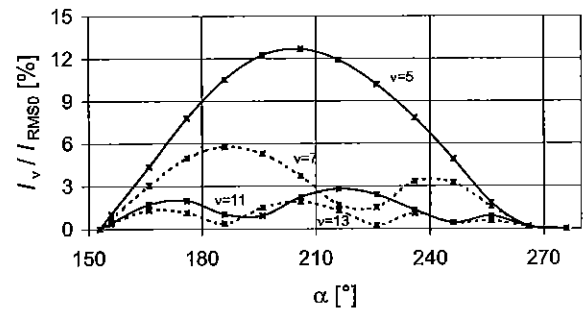


Fig. 10. Harmonics of a three-phase AC controller as a function of α ; phase angle of the load: $\phi = 28^\circ$

The harmonic content can be reduced by conventional methods like implementing filters or increasing the phase number from 3 to 6. For this a 6-phase asynchronous generator and a 12-pulse AC controller are needed (Fig. 11.). The controller is connected to the grid via a

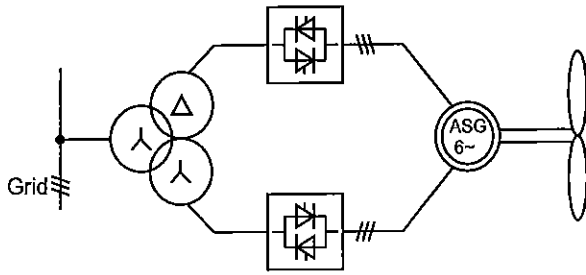


Fig. 11. WEC with 12-pulse AC controller and 6-phase asynchronous generator

three-phase transformer with three windings in Yy0/Yd5-connection.

Fig. 12. shows the simulated time-curve of the stator current. Hereby the amplitudes of I_5 and I_7 disappear, while the amplitudes of the I_{11} and I_{13} have nearly the same values as in the three-phase case.

It is expected that a power control based on a 12-pulse AC-controller works more effective, because the delay time of the control is halved.

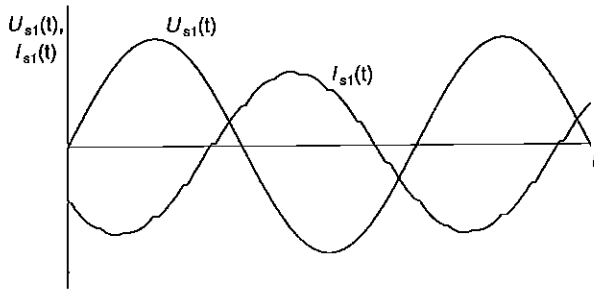


Fig. 12. Voltage and current flow at a six-phase AC controller in generator mode and an ohmic-inductive load in series with a voltage source, $\varphi_i = 6^\circ$, $\alpha = 200^\circ$, $\varphi_r = 150^\circ$

For wind turbines with a nominal power $>1\text{MW}$ the costs of this variant are nearly the same as for the three-phase variant: The transformer price is about 10% higher, for the controller it is nearly the same price, if the double number of thyristors with half the nominal power is used, and also the cost of the generator remains nearly constant.

5 Conclusions

In this paper experimental results have been presented concerning a power control for wind energy converters using the existing three-phase AC-controller. The power control is able to realise a soft start-up at nominal rotor torque without any overshoot, and to damp the power variations produced by the tower shadow effect with good efficiency.

For the application of the power control on existing WEC only the control system of the softstarter has to be changed and measures against the harmonics have to be taken.

For the conception of new wind converters the six-phase variant becomes attractive, because the harmonic amplitudes decrease, while the dynamic behaviour increases and costs are nearly constant.

6 List of Symbols and Abbreviations

α	delay angle
$\varphi_{i,u}$	current-, voltage phase angle
λ	tip speed ratio
ω_{th}	synchronous angular speed
c_1, c_2	spring constants of the driving shaft
c_P	power coefficient
f_r, f_s	rotor frequency, stator frequency
I_n, I_s	nominal current, stator current
I_{RMSO}	r.m.s. value of the sinusoidal current
k	current ratio
M_{th}, M_r, M_s	air gap torque, stall torque, rotor torque
n_{gen}, n_r	rotation speed of generator, rotor
P_{act}	actual electrical power
R_s	stator resistance
S_n	nominal apparent power
S_S	short-circuit power at the PCC
U_s	stator voltage
U_{μ}	transient internal voltage
v_{Wind}	wind speed
x	transmission gear ratio n_{Gen}/n_R
X_{σ}	leakage inductance
z_b	number of Rotor blades

References

- [1] Michel, M.: Die Strom- und Spannungsverhältnisse bei Steuerung von Drehstromlasten über antiparallele Ventile. Diss. Berlin/Germany: Technische Universität, Fakultät für Elektrotechnik, 1966
- [2] Beck, H.P.; Kanakis, A.; Sourkounis, C.: Power control of wind power converters with asynchronous generator. 4th International Conference Electrical power quality and utilisation. Cracow, Poland, 1997, Proc. pp. 423-431
- [3] Gasch, R.: Windkraftanlagen. Stuttgart: Teubner-Verlag, 1991
- [4] Heumann, K.: Grundlagen der Leistungselektronik, Stuttgart/Germany: Teubner-Verlag, 1991
- [5] Grundsätze für die Beurteilung von Netzrückwirkungen, 3rd Edition, Frankfurt/Germany, VDEW, 1992
- [6] Eckhardt, H.: Grundzüge elektrischer Maschinen, Stuttgart/Germany: Teubner-Verlag, 1982
- [7] Heier, S.: Windkraftanlagen im Netzbetrieb, 2nd Edition, Stuttgart/Germany: Teubner-Verlag, 1992

Acknowledgement

The authors are grateful to the "Deutsche Forschungsgemeinschaft", Bonn/Germany for supporting this research.

Authors

Dipl.-Ing. Julian Rösner (1971) received his M.S. degree in Mechanical Engineering at the Technical University Clausthal. He is researcher at the Institute of Electrical Power Engineering at the TU Clausthal since 1998 and works in the research area of autonomous modular energy supply systems. (TU Clausthal, Institut für Elektrische Energietechnik, Leibnizstr. 28, D-38678 Clausthal-Zellerfeld, T +495323/72-2938, Fax +495323/72-2104)

Prof. Dr.-Ing. Hans-Peter Beck (1947) is director of the Institute of Electrical Power Engineering (IEE) at the Technical University Clausthal. He received his M.S. Degree in Electrical Engineering at the TU Berlin and his Ph.D. Degree at the TU Berlin after research work in the Research Institute Berlin of AEG. From 1984 to 1989 he was director of the development department for traction vehicles. Presently he is Professor at the IEE and vice rector of the TU Clausthal. (TU Clausthal, Institut für Elektrische Energietechnik, Leibnizstr. 28, D-38678 Clausthal-Zellerfeld, T +495323/72-2570, Fax +495323/72-2104)

Dr.-Ing. Constantinos Sourkounis (1961) received his M.Sc. degree in Electrical Engineering and his Ph.D. degree at the Institute of Electrical Power Engineering at Technical University Clausthal. He is researcher at the Institute of Electrical Engineering at the TU Clausthal since 1989. He directs the research group „autonomous modular energy supply systems“ and works in parallel in the area of controlling of converter-fed drives. (TU Clausthal, Institut für Elektrische Energietechnik, Leibnizstr. 28, D-38678 Clausthal-Zellerfeld, T +495323/72-2594, Fax +495323/72-2104)

Umweltforschung in Clausthal

Technische Universität Clausthal
Clausthaler Umwelttechnik-Institut GmbH
Institut für Erdöl- und Erdgasforschung

Beiträge zum Tag der Forschung

18. November 1999

Aula der Technischen Universität Clausthal

Elektrosmog durch niederfrequente Magnetfelder

In den letzten Jahren sind die biologischen und technischen Auswirkungen elektromagnetischer Felder, bedingt durch die Allgegenwart elektrischer und elektronischer Geräte, zunehmend in die öffentliche Diskussion geraten. Die Ergebnisse bisheriger Forschungsarbeiten haben in privatrechtlichen Normen und gesetzlichen Vorschriften durch Grenz- und Vorsorgewerte Eingang gefunden. Auf Einhaltung dieser Werte muss bereits während der Planungs- und Konstruktionsphase feldemittierender Anlagen und Geräte geachtet werden. So ist erheblicher Bedarf an Messtechnik und geeigneten Berechnungsprogrammen entstanden. Bevor die Methode zur Berechnung geschirmter niederfrequenter Magnetfelder vorgestellt wird, sollen zunächst kurz die physikalischen Prinzipien, biologischen Wirkungsweisen und gesetzlichen Regelungen erläutert werden.

Physikalische Grundlagen

In der Wirkungsweise elektromagnetischer Felder muss zwischen niederfrequenten (bis ca. 30 kHz) und hochfrequenten Feldern unterschieden werden. Im niederfrequenten Bereich werden elektrische und magnetische Felder getrennt voneinander betrachtet.

Elektrische Felder entstehen überall dort, wo aufgrund getrennter Ladungsträger eine Potentialdifferenz, also eine elektrische Spannung vorhanden ist, unabhängig von der Frequenz und davon ob Strom fließt oder nicht. Sie bewirken in elektrisch leitfähigen Objekten, die diesem Feld ausgesetzt sind, ebenfalls eine Ladungstrennung, auch Influenz genannt, die zu einem Gegenfeld führt. Ein zeitabhängiges elektrisches Feld führt zu einem ständigen Austausch von Ladungsträgern im Inneren der Objekte und so zu frequenzproportionalen Stromdichten.

Magnetische Felder werden durch bewegte Ladungsträger, d. h. durch Strom, verursacht. Befinden sich elektrisch leitfähige Objekte in einem zeitabhängigen Magnetfeld, induziert dies in ihnen einen frequenzabhängigen Wirbelstrom, der seinerseits ein magnetisches Gegenfeld zur Folge hat. Dadurch bedingen zeitlich veränderliche magnetische und elektrische Felder sich gegenseitig, wobei dieses wegen der dielektrischen und permeablen Eigenschaften auch im Vakuum möglich ist. Beide Feldstärken nehmen mit der Entfernung von der Feldquelle ab.

Wirkungen niederfrequenter elektromagnetischer Felder auf biologische Systeme

Bei biologischen Systemen handelt es sich meist um gute elektrische Leiter, und die Exposition eines solchen Systems in niederfrequenten elektromagnetischen Feldern kann durch die im Gewebe hervorgerufenen induzierten und influenzierten Ströme zu Reizwirkungen auf Sinnes-, Nerven- und Muskelzellen führen. Nach bisherigen wissenschaftlichen Erkenntnissen existieren unterhalb von Stromdichten von 1 mA/m^2 keine biologischen Wirkungen. Natürlicherweise treten im Körper Stromdichten im Bereich von 10 mA/m^2 auf. Durch Flussdichten von $500 \text{ } \mu\text{T}$ eines 50-Hz-Wechselfeldes können im Körper künstliche Stromdichten der gleichen Größenordnung induziert werden.

Diesen, athermisch genannten, Reizwirkungen liegen Eingriffe in die Zellkommunikation, Förderung des Zellwachstums, Beeinflussung des Calciumtransports durch die Zellmembran und Verminderung Produktion des Hormons Melatonin zugrunde. Zum Nachweis des Zusammenhangs zwischen niederfrequenten Magnetfeldern und bestimmten Krebsarten sind zahlreiche epidemiologische Studien an exponierten Bevölkerungsgruppen und beruflich exponierten Gruppen durchgeführt worden. Während bei den letzteren Gruppen der Trend eines Zusammenhangs festgestellt werden konnte, war dies bei der exponierten Bevölkerung nicht der Fall. Auch in tierexperimentellen und zellbiologischen Studien wurden die Auswirkungen der Feldexposition untersucht. Es gilt heute als gesichertes Erkenntnis, dass Magnetfelder selbst keine direkten mutagenen Effekte, also keine Schädigung der DNA aufweisen. Die tumorpromovierende Wirkung ist hingegen signifikant. Dabei spielt unter anderem die Reduktion des Melatoninspiegels eine große Rolle. Dieses Hormon ist ein wichtiger Radikalfänger im Körper, dessen Fehlen die Schädigung der DNA durch freie Radikale fördert.

Gesetzliche Regelungen

Die Begrenzung der Feldemission elektrischer und elektronischer Geräte sowie ihre eigene Störfestigkeit gegenüber anderen Geräten ist durch das Gesetz über die elektromagnetische Verträglichkeit von Geräten (EMVG) geregelt.

Zum Schutz der Bevölkerung vor Gesundheitsschäden durch elektromagnetische Felder dient die Verordnung über elektromagnetische Felder (26. BImSchV). Hier sind Vorsorgewerte für die Emission niederfrequenter Felder durch ortsfeste Anlagen zur Umspannung und Weiterleitung von Elektrizität festgeschrieben (50-Hz-Felder: $100 \text{ } \mu\text{T}$, $162/3$ -Hz-Felder: $300 \text{ } \mu\text{T}$). Diese Werte beruhen auf Empfehlungen der Strahlenschutzkommission, die maximal eine zulässige induzierte Körperstromdichte von 2 mA/m^2 vorsehen. Da Körperströme direkt kaum zu messen sind, wurden für die äußerlich messbaren Feldstärken der emittierten Felder, die Ströme induzieren, Grenzwerte festgelegt.

Berechnungsmethode für geschirmte niederfrequente Magnetfelder nach der Stromfadentheorie

Die komplexe Geometrie und Ausdehnung leistungselektronischer Anlagen erschwert die Feldberechnung mit Hilfe sehr genauer numerischen Verfahren wie der Methode der Finiten Elemente oder der Finiten Integrationstheorie, da alle Materialparameter der diskretisierten Volumenelemente bekannt sein müssen. Der zeitliche und finanzielle Aufwand, diese große Anzahl von oft nicht genügend genau bekannten Daten zu beschaffen, steht meist in keinem Verhältnis zu der geforderten Genauigkeit.

Hier setzt die neue Methode an, die auf dem Gesetz von Biot-Savart zur Berechnung der magnetischen Flussdichte aufbaut. Leitfähige Materialien in der Umgebung eines beliebig geformten Leitersystems werden berücksichtigt, indem über den hindurchgreifenden magnetischen Fluss des schirmfreien Leitersystems (Quellenfeld) die induzierten Wirbelströme nach Betrag und Phasenlage berechnet und mit dem Feld der Wirbelströme überlagert werden. Da Wirbelströme ein Feld emittieren, das dem Quellenfeld entgegengerichtet ist, verdrängen und nivellieren leitfähige Materialien das Quellenfeld und dienen als Schirm zum Schutz gegen die Einwirkungen auf biologische und technische Systeme. Solche Schirmmöglichkeiten können mit Hilfe des Berechnungsverfahrens entwickelt und angepasst werden. Leiteranordnungen können hinsichtlich ihrer Störemission optimiert werden.

*Dipl.-Phys. Corinna Salander, Prof. Dr.-Ing. Hans-Peter Beck
Institut für Elektrische Energietechnik
Leibnizstraße 28, 38678 Clausthal-Zellerfeld
Telefon: (05323) 72-2299, Telefax: (05323) 72-2104
E-Mail: salander@iee.tu-clausthal.de, beck@iee.tu-clausthal.de
<http://www.iee.tu-clausthal.de>*

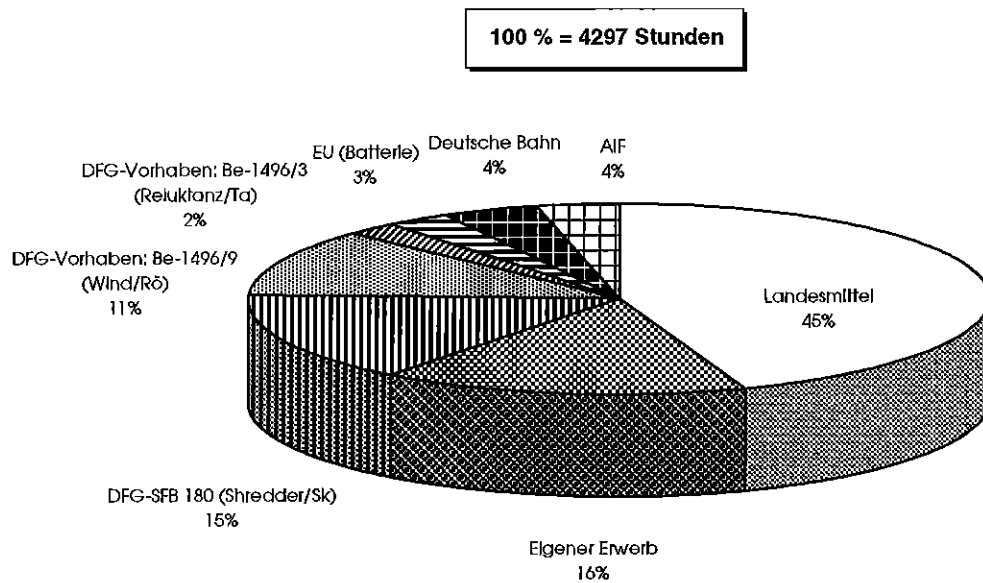
Institut für
Elektrische Energietechnik



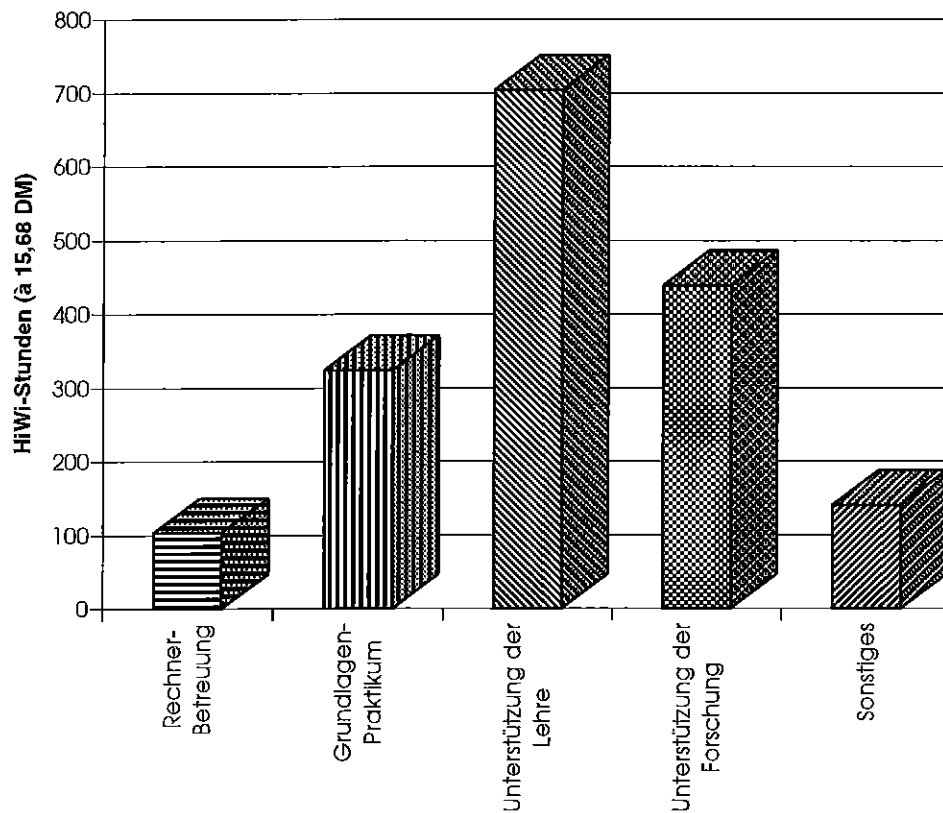
* Verfügbare Gebäudefläche	1620 m ²
(Leibnizstraße 28)	
– Bürofläche	826 m ²
(einschl. verliehener Fläche)	200 m ²
– Labor-/Prüffeldfläche	794 m ²
* Mitarbeiter	
– wissenschaftliches Personal	14
– techn.-/Verwaltungsangestellte	12
– Lehrbeauftragte / Gastwissenschaftler	9 / 1
– Wissenschaftliche Hilfskräfte	25
– externe Doktoranden	5
	<hr/>
	Σ 66
* Prüffeld mit	
– Maschinen-/Antriebslabor	
– Energieelektroniklabor	
– Hochspannungs-/Energieanlagenlabor	
– Meßdatenverarbeitungslabor (HP1000/PC)	
– Prüfstände für Walzwerks- und Bahnantriebe mit I/U/D-Umrichtern, Umkehrstromrichtern	

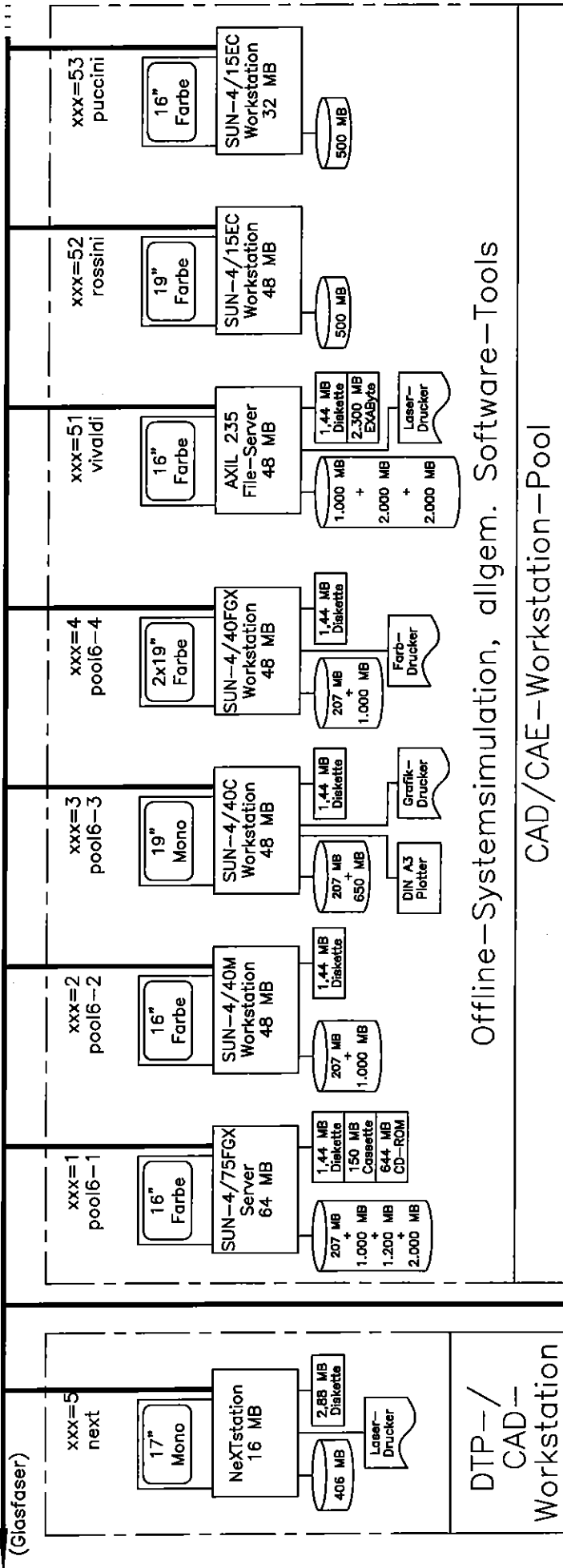
- * Energiekonditionierungsanlage (60 kVA, AMOEVES)
- * Mechanik-/Elektrotechnik-/Elektronikwerkstatt
- * Prozeßrechner-/Simulationstechniklabor (Parallelrechner)
- * NETASIM, MATRIX_x, Saber für Workstationanwendung und PC-Anwendung

Mittel für studentische Hilfskräfte in 1999

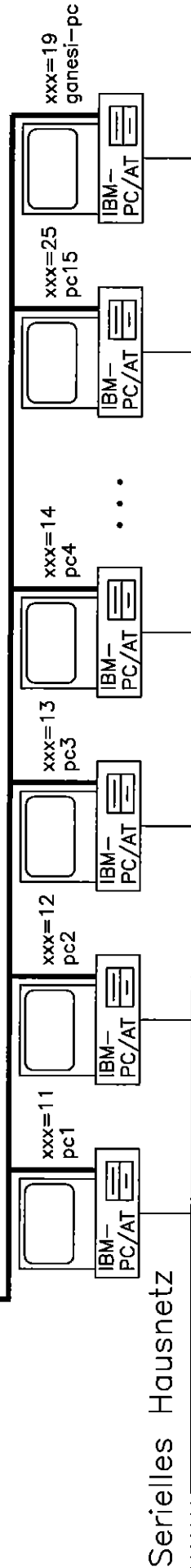


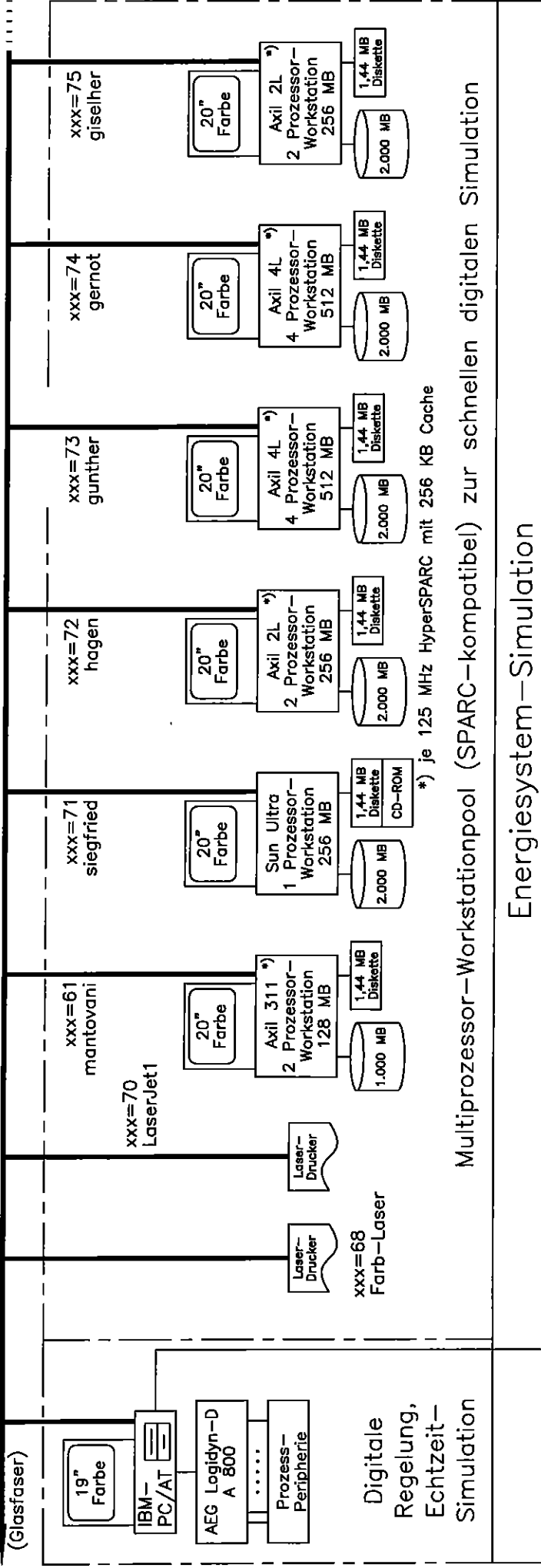
Einsatz studentischer Hilfskräfte 1998



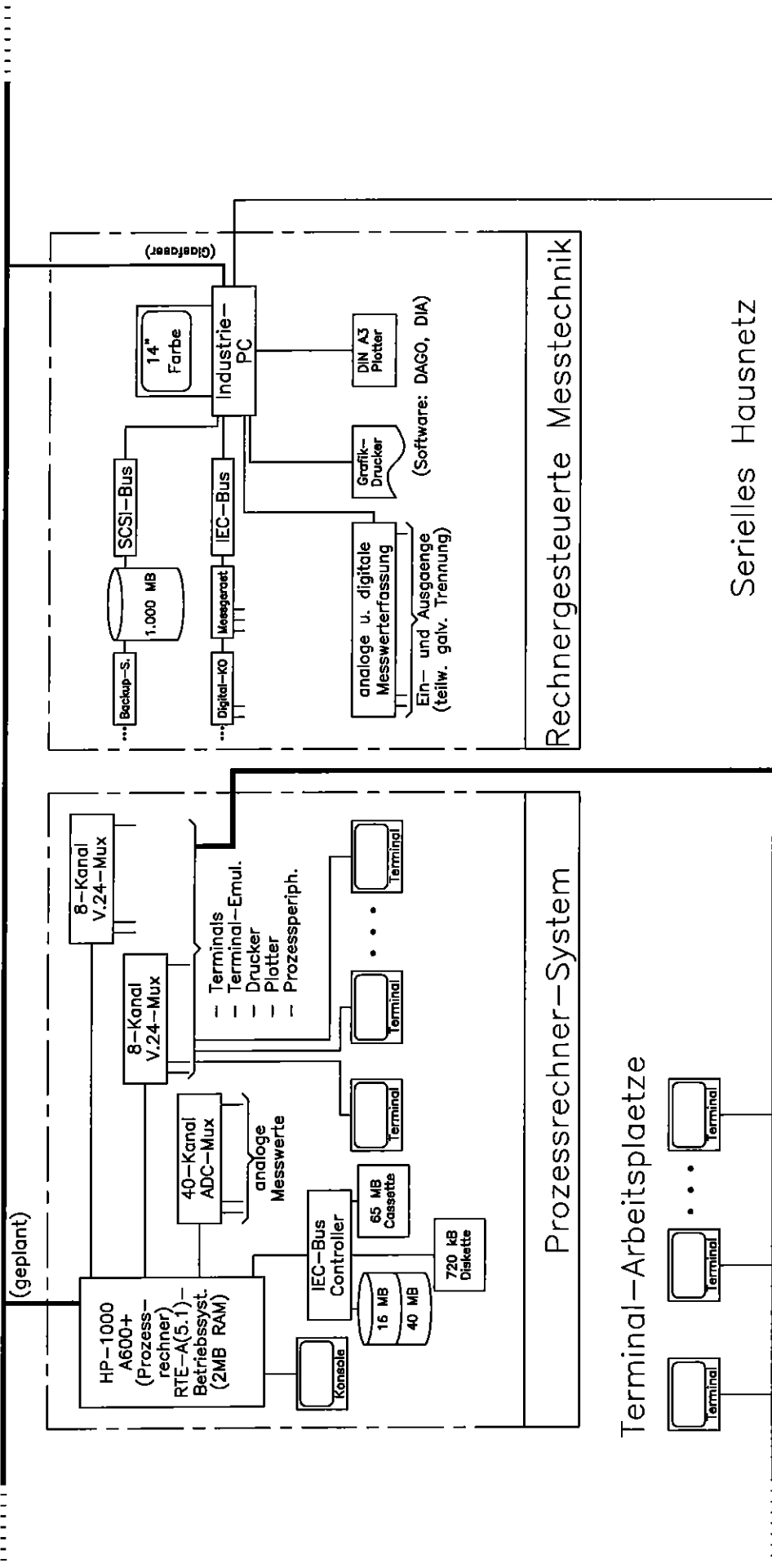


PC-Systeme mit PC-NFS, XFS, HCL-eXceed/W, NetBEUI

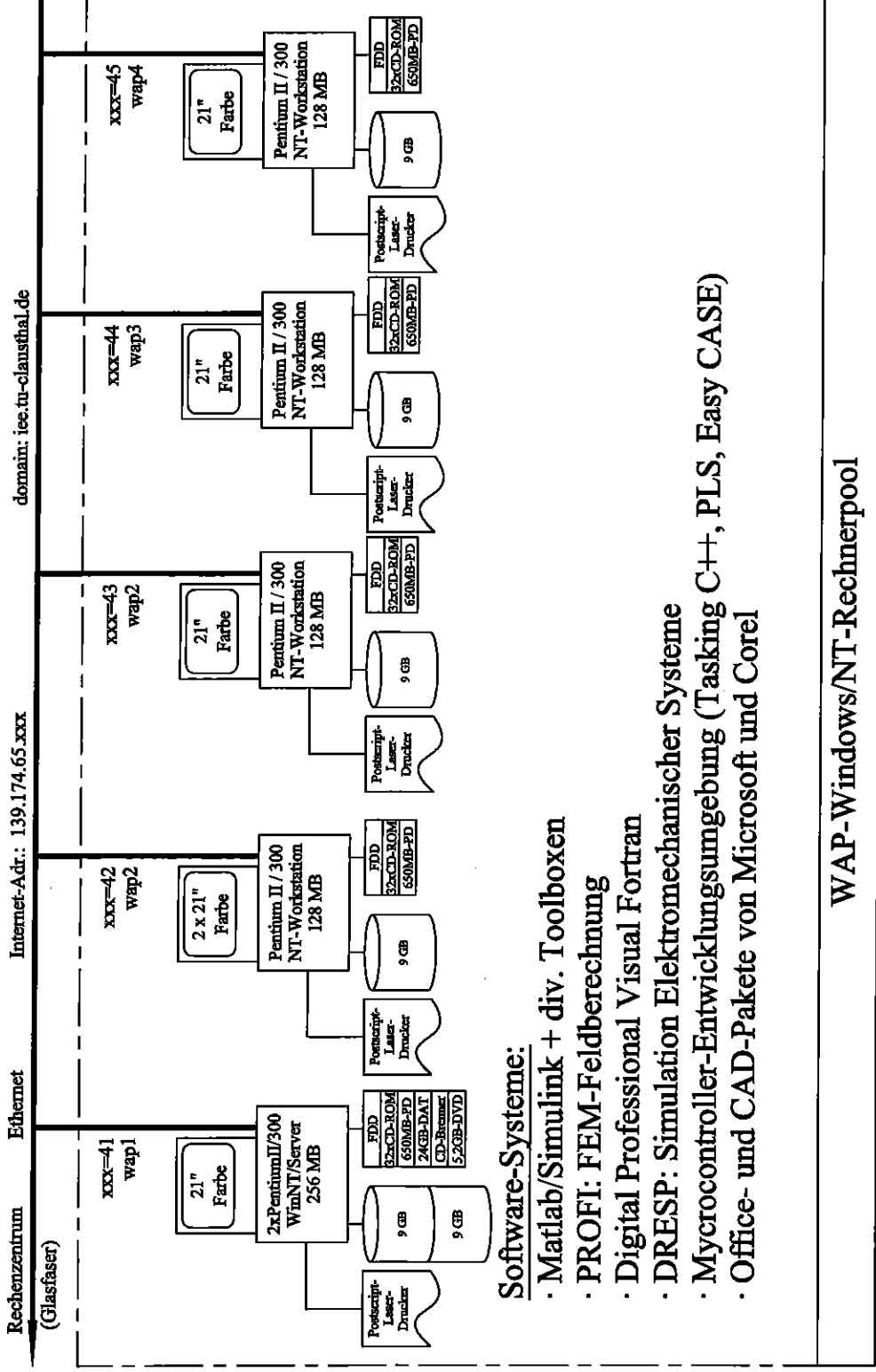




Rechnerausstattung zur Simulation von Energiesystemen



Rechnerausstattung zur Messtechnik im Prueffeld



Windows/NT-Workstations als wissenschaftliche Arbeitsplatzrechner

Stündliche Übersicht

Jede Einheit (■) entspricht 1 000 Seiten-Anfragen, oder einem Teil dessen.

Op.	Seit.
0:	8537:
1:	50046:
2:	26010:
3:	13203:
4:	8262:
5:	5022:
6:	322:
7:	4171:
8:	5846:
9:	7279:
10:	7606:
11:	6817:
12:	5840:
13:	6006:
14:	6197:
15:	6080:
16:	6239:
17:	4798:
18:	4392:
19:	5445:
20:	3520:
21:	3754:
22:	3939:
23:	2701:

Domänen-Bericht

Ausgabe aller Domänen, sortiert nach Menge gesendeter Daten.

Ausgabe aller verlangten Unter-Domänen mit mindestens 0.5% Anteil an gesendeten Daten.

```

#Anf. : #Bytes : Domäne
-----
211254 : 69.43$ : .de (Germany)
(183213) : (50.30$) : tu-clausthal.de (TU Clausthal)
(1026) : (0.89$) : heim2.tu-clausthal.de (HEIM 2 TU Clausthal)
(1304) : (1.57$) : heim3.tu-clausthal.de (HEIM 3 TU Clausthal)
(2423) : (2.55$) : heim4.tu-clausthal.de (HEIM 4 TU Clausthal)
(5219) : (4.42$) : heim6.tu-clausthal.de (HEIM 6 TU Clausthal)
(3433) : (1.81$) : heim7.tu-clausthal.de (HEIM 7 TU Clausthal)
(3958) : (2.03$) : heim8.tu-clausthal.de (HEIM 8 TU Clausthal)
(11286) : (6.18$) : iee.tu-clausthal.de (IEE TU Clausthal)
(528) : (0.78$) : inab.tu-clausthal.de (Masch. Anlagenrechn.u.Betriebsfest)
(419) : (0.53$) : isaf.tu-clausthal.de (Schweisst.u. trennende Fertigungsv)
(130724) : (13.53$) : rz.tu-clausthal.de (RZ TU Clausthal)
26435 : 15.79$ : .com (Commercial, mainly USA)
15998 : 8.02$ : (unresolved numerical addresses)
7065 : 3.02$ : .net (Network)
4987 : 1.94$ : .at (Austria)
1504 : 0.52$ : .ch (Switzerland)
101 : 0.26$ : .gr (Greece)
542 : 0.14$ : .pl (Poland)
287 : 0.13$ : .nl (Netherlands)
368 : 0.13$ : .se (Sweden)
184 : 0.09$ : .fr (France)

```

(1026) : (0.89%) :
(1304) : (1.57%) :

```

lag: seit.:
- - - - -
Con:      10295:
Mit:      3281:
Die:      3370:
Mit:      3522:
Don:      3737:
Fre:      3165:
Sam:      5006:

```

(528) :	(0.78%)	inab.tu-clausthal.de (Masch. Anlagentechn. u. Betriebsfest
(419) :	(0.53%)	isaf.tu-clausthal.de (Schweiss- u. trennende Fertigungs
(130724) :	(13.53%)	rz.tu-clausthal.de (RZ TU Clausthal)
26435 :	15.79% :	.com (Commercial, mainly USA)
15998 :	8.02% :	(unresolved numerical addresses)
7065 :	3.02% :	.net (Network)
4987 :	1.94% :	.at (Austria)
1504 :	0.52% :	.ch (Switzerland)
101 :	0.26% :	.gr (Greece)
542 :	0.14% :	.pl (Poland)
287 :	0.13% :	.nl (Netherlands)
368 :	0.13% :	.se (Sweden)
184 :	0.09% :	.fr (France)

```
100 : 0.07% : .edu (USA Educational)
136 : 0.06% : .it (Italy)
135 : 0.04% : .uk (United Kingdom)
11 : 0.03% : .hk (Hong Kong)
67 : 0.03% : .no (Norway)
105 : 0.03% : .au (Australia)
27 : 0.03% : .dk (Denmark)
44 : 0.03% : .id (Indonesia)
97 : 0.03% : .jp (Japan)
73 : 0.02% : .es (Spain)
45 : 0.02% : .org (Non-Profit Making Organisations)
76 : 0.02% : .be (Belgium)
89 : 0.02% : .fi (Finland)
30 : 0.01% : .pt (Portugal)
34 : 0.01% : .ca (Canada)
14 : 0.01% : .cz (Czech Republic)
30 : 0.01% : .lu (Luxembourg)
16 : 0.01% : .sk (Slovak Republic)
6 : 0.01% : .lv (Latvia)
15 : 0.01% : .pe (Peru)
11 : 0.01% : .th (Thailand)
9 : 0.01% : .tw (Taiwan)
6 : 0.01% : .ua (Ukraine)
7 : 0.01% : .my (Malaysia)
12 : 0.01% : .si (Slovenia)
9 : 0.01% : .cn (China)
8 : 0.01% : .sa (Saudi Arabia)
8 : 0.01% : .kr (South Korea)
8 : 0.01% : .li (Liechtenstein)
14 : 0.01% : .gov (USA Government)
8 : 0.01% : .us (United States)
3 : 0.01% : .ve (Venezuela)
2 : 0.01% : .za (South Africa)
4 : 0.01% : .ru (Russian Federation)
8 : 0.01% : .ar (Argentina)
5 : 0.01% : .ae (United Arab Emirates)
5 : 0.01% : .tr (Turkey)
4 : 0.01% : .lb (Lebanon)
2 : 0.01% : .hr (Croatia)
2 : 0.01% : .mo (Macau)
2 : 0.01% : .co (Colombia)
1 : 0.01% : .mx (Mexico)
1 : 0.01% : .mil (USA Military)
1 : 0.01% : .ro (Romania)
```

Verzeichnis-Bericht

Ausgabe aller Verzeichnisse mit mindestens 0.01% Anteil an gesendeten Daten, sortiert nach Menge gesendeter Daten.
Ausgabe der Verzeichnisse bis Tiefe 1.

```
#anf.: #Bytes: Verzeichnis
-----
133796: 28.63%: /info/
18414: 15.37%: /Etue/
53263: 12.11%: /root directory/
1306: 11.98%: /Skripten/
14329: 11.02%: /Etue/
150: 7.00%: /download/
18616: 6.13%: /Personal/
13077: 2.35%: /STUDENT/
27: 1.43%: /downrueng/
3215: 1.07%: /Intern/
3975: 0.75%: /techn_angel/
```

```
1601: 0.49%: /SDarbeits/
912: 0.38%: /Est/
2442: 0.34%: /wiss_mit/
741: 0.28%: /verw_angel/
1700: 0.20%: /Applét/
1225: 0.20%: /Et-Forum/
350: 0.14%: /SOUNDS/
44: 0.04%: /est/
407: 0.02%: /Messe/
231: 0.01%: /Umfrage/
```

Anfrage-Bericht

Ausgabe aller verlangten Dateien mit mindestens 50 Anfragen, sortiert nach Anzahl der Anfragen.

Dieser Teil der Statistik wurde verkürzt. Die Dateien für Menü und SDATA-funktionen, /-info/*, /Intern/* und Bilddatei für Et-Übungen wurden gelöscht. Die komplette Statistik bekommen Sie vom internen Bereich.

```
#anf.: #Bytes: Datei
-----
6972: 1.03%: /
6880: 2.34%: /fee.html
6840: 0.11%: /kontakt.html
6566: 2.62%: /menu.html
3011: 0.47%: /STUDENT/DATA/et_msql
2456: 0.43%: /STUDENT/
1512: 0.31%: /studium.html
1477: 0.44%: /Etue/
1469: 0.56%: /Personal/
1393: 0.57%: /mstudium.html
1309: 0.23%: /institut.html
1246: 0.19%: /fistudium.html
1230: 0.18%: /Etue/
1176: 0.42%: /institut.html
1169: 0.13%: /institut.html
1085: 0.27%: /aktuell_pet1.html
993: 0.10%: /Intern/
982: 0.27%: /SDarbeits/
915: 0.15%: /forschung.html
874: 0.12%: /kontakt.html
859: 0.08%: /Personal/beck.html
810: 0.07%: /forschung.html
754: 0.20%: /forschung.html
737: 0.07%: /Personal/salander.html
734: 0.43%: /projekte.html
685: 0.63%: /vsoeff_beck.html
671: 0.06%: /Personal/wehrmann.html
586: 0.04%: /Personal/wolf_a.html
585: 0.04%: /Personal/sourkounis.html
556: 0.04%: /techn_angel/ki/Pers_Welcome_de.html
546: 0.05%: /Applét/S2D/
536: 0.21%: /Etue/1-10.html
529: 0.06%: /aktuell_et.html
520: 0.19%: /aktuell_pet2.html
516: 0.03%: /Personal/part2.html
512: 0.04%: /Personal/bretthauer.html
511: 0.09%: /Et-Forum/
503: 0.04%: /Personal/ropeter.html
502: 0.04%: /Mittellung.html
499: 0.03%: /Personal/mendt.html
497: 0.03%: /Personal/roesner.html
497: 0.03%: /wiss_mit/vm/Pers_Welcome_de.html
```

491.	0.04%.	F&E/	
492.	0.04%.	Personal/ue/Pers Welcome de.html	
493.	0.04%.	Personal/ue/Pers Welcome de.html	
494.	0.04%.	Studienarbeiten/1996.html	
495.	0.04%.	Personal/sensib.html	
496.	0.04%.	Techn augst/14/links de.html	
497.	0.04%.	F&E/ue/foes1	
498.	0.04%.	Personal/culture.html	
499.	0.04%.	Personal/burshen.html	
500.	0.04%.	Publikation.html	
501.	0.04%.	F&E/ue/foes2	
502.	0.04%.	F&E/ue/foes3	
503.	0.04%.	F&E/ue/foes4	
504.	0.04%.	F&E/ue/foes5	
505.	0.04%.	F&E/ue/foes6	
506.	0.04%.	F&E/ue/foes7	
507.	0.04%.	F&E/ue/foes8	
508.	0.04%.	F&E/ue/foes9	
509.	0.04%.	F&E/ue/foes10	
510.	0.04%.	F&E/ue/foes11	
511.	0.04%.	F&E/ue/foes12	
512.	0.04%.	F&E/ue/foes13	
513.	0.04%.	F&E/ue/foes14	
514.	0.04%.	F&E/ue/foes15	
515.	0.04%.	F&E/ue/foes16	
516.	0.04%.	F&E/ue/foes17	
517.	0.04%.	F&E/ue/foes18	
518.	0.04%.	F&E/ue/foes19	
519.	0.04%.	F&E/ue/foes20	
520.	0.04%.	F&E/ue/foes21	
521.	0.04%.	F&E/ue/foes22	
522.	0.04%.	F&E/ue/foes23	
523.	0.04%.	F&E/ue/foes24	
524.	0.04%.	F&E/ue/foes25	
525.	0.04%.	F&E/ue/foes26	
526.	0.04%.	F&E/ue/foes27	
527.	0.04%.	F&E/ue/foes28	
528.	0.04%.	F&E/ue/foes29	
529.	0.04%.	F&E/ue/foes30	
530.	0.04%.	F&E/ue/foes31	
531.	0.04%.	F&E/ue/foes32	
532.	0.04%.	F&E/ue/foes33	
533.	0.04%.	F&E/ue/foes34	
534.	0.04%.	F&E/ue/foes35	
535.	0.04%.	F&E/ue/foes36	
536.	0.04%.	F&E/ue/foes37	
537.	0.04%.	F&E/ue/foes38	
538.	0.04%.	F&E/ue/foes39	
539.	0.04%.	F&E/ue/foes40	
540.	0.04%.	F&E/ue/foes41	
541.	0.04%.	F&E/ue/foes42	
542.	0.04%.	F&E/ue/foes43	
543.	0.04%.	F&E/ue/foes44	
544.	0.04%.	F&E/ue/foes45	
545.	0.04%.	F&E/ue/foes46	
546.	0.04%.	F&E/ue/foes47	
547.	0.04%.	F&E/ue/foes48	
548.	0.04%.	F&E/ue/foes49	
549.	0.04%.	F&E/ue/foes50	
550.	0.04%.	F&E/ue/foes51	
551.	0.04%.	F&E/ue/foes52	
552.	0.04%.	F&E/ue/foes53	
553.	0.04%.	F&E/ue/foes54	
554.	0.04%.	F&E/ue/foes55	
555.	0.04%.	F&E/ue/foes56	
556.	0.04%.	F&E/ue/foes57	
557.	0.04%.	F&E/ue/foes58	
558.	0.04%.	F&E/ue/foes59	
559.	0.04%.	F&E/ue/foes60	
560.	0.04%.	F&E/ue/foes61	
561.	0.04%.	F&E/ue/foes62	
562.	0.04%.	F&E/ue/foes63	
563.	0.04%.	F&E/ue/foes64	
564.	0.04%.	F&E/ue/foes65	
565.	0.04%.	F&E/ue/foes66	
566.	0.04%.	F&E/ue/foes67	
567.	0.04%.	F&E/ue/foes68	
568.	0.04%.	F&E/ue/foes69	
569.	0.04%.	F&E/ue/foes70	
570.	0.04%.	F&E/ue/foes71	
571.	0.04%.	F&E/ue/foes72	
572.	0.04%.	F&E/ue/foes73	
573.	0.04%.	F&E/ue/foes74	
574.	0.04%.	F&E/ue/foes75	
575.	0.04%.	F&E/ue/foes76	
576.	0.04%.	F&E/ue/foes77	
577.			

Diese Statistik wurde mit analog 2.11/Unix
Laufzeit: 3 Minuten, 42 Sekunden.